汽车车载网络维修必会技能200问

◎ 郑 易 主编



精挑技能200个

菜鸟快速变高手

故障检测配案例

使用方法含技巧

维修禁忌有提示



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

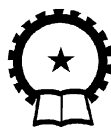
VISIT…

LANZAROTE

Caliente.com

汽车车载网络维修必会技能200问

主　编　郑　易
副主编　李云进



机 械 工 业 出 版 社

本书主要内容为最近几年以来车载网络系统的新技术及其维修技能，通过问答的形式，借助大量的结构原理图、电路图和操作界面图对车载网络系统新知识和维修方法进行尽可能全面的解说。为了让读者了解车载网络技术的实际应用情况，本书还列举了与之有关的典型案例，通过理论联系实践，为读者提供指导。

本书介绍了车载网络系统常识，对 CAN、LIN、MOST、FlexRay、VAN、BEAN、GM LAN 等当今主流车载网络系统在实际应用中的各种问题进行了答疑。

本书适合作为汽车维修专业技术人员的高级培训教材，同时也适合汽车维修专业的大、中专学校师生参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

汽车车载网络维修必会技能200问/郑易主编. —北京：机械工业出版社，2015.5

ISBN 978-7-111-50097-1

Ⅰ.①汽… Ⅱ.①郑… Ⅲ.①汽车－计算机网络－维修－问题解答 Ⅳ.①U472.41-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第087902号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：连景岩 杜凡如 责任编辑：连景岩 杜凡如 王 琪
责任校对：刘志文 封面设计：张 静
责任印制：乔 宇
北京铭成印刷有限公司印刷
2015年6月第1版第1次印刷
184mm×260mm · 19印张 · 470千字
0001—3000册
标准书号：ISBN 978-7-111-50097-1
定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
服务咨询热线：010－88361066	机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010－68326294	机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010－88379203	金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版	教育服务网：www.cmpedu.com

前言

当前，汽车的电子化程度越来越高，新技术的不断出现和新功能的不断开发，导致汽车上的电控系统越来越多，电气线路也越来越复杂。为了减少控制单元、传感器及导线的数量，实现电控系统之间的信息共享，降低成本、提高可靠性、减少故障发生频率，车载网络系统在汽车上的应用越来越广泛。

本书参考了业界许多公开发表的资料，以及大众、宝马、奔驰、路虎、雪铁龙等品牌轿车的相关培训教材，以及编者长期在企业一线从事汽车维修技术培训、教学的经验，以最近几年以来的车载网络系统的最新发展为导向，通过问答的形式对车载网络系统及其维修技能进行尽可能全面的解说，力求基础知识的介绍到位，新技术的讲解深入，重点和难点突出，理论联系实际，内容丰富，通俗易懂。为了让读者了解车载网络技术的实际应用情况，本书还列举了与之有关的典型案例。

本书共分七章，第一章主要介绍车载网络系统必知常识，讲解车载网络系统的概况和大量应知术语。以此为基础，第二至第五章介绍几种当前主流的车载网络系统及其维修技能，包括控制器局域网络 CAN、本地互联网 LIN、面向媒体的系统传输网 MOST、新一代高速容错网络 FlexRay 等，并重点介绍各车载网络系统在具有代表性的几种车型上的应用情况。第六章简单介绍了其他车载网络系统及其部分维修技能，以便读者全面了解。第七章介绍了一些典型的车载网络系统故障案例。

本书由郑易主编，李云进任副主编，参与编写的还有洪振雪、章文宗、夏子意、伊海峰、余立希、陈勇、徐青朋、项学技。在编写过程中，得到温州市交通运输集团有限公司、温州市汽车工程学会、温州宏顺司法鉴定所、温州交通技术学校以及多家汽车维修公司的大力支持，在此表示衷心的感谢！由于车载网络技术的发展日新月异，文中内容可能有一定的局限性。同时，由于编者水平有限，书中难免出错，敬请读者批评指正。

编　者

目　录

前言
第一章　车载网络系统必知常识 …… 1
1-1　什么是车载网络系统？ …… 1
1-2　车载网络系统的发展历史经历了哪些阶段？ …… 2
1-3　什么是局域网？ …… 5
1-4　什么是模块和节点？ …… 6
1-5　什么是多路传输？ …… 6
1-6　什么是数据总线？ …… 7
1-7　什么是主总线系统和子总线系统？ …… 7
1-8　什么是通信协议（传输协议）？ …… 8
1-9　什么是传输媒体？ …… 10
1-10　什么是网关？ …… 12
1-11　车载网络系统采用哪种信息传输方式？ …… 13
1-12　什么是比特和比特率？ …… 15
1-13　什么是字节？ …… 15
1-14　什么是接口？ …… 16
1-15　接口数据传输方式有哪些？ …… 17
1-16　什么是串行传输和并行传输？ …… 17
1-17　什么是同步传输和异步传输？ …… 18
1-18　什么是帧？ …… 19
1-19　什么是传输仲裁？ …… 20
1-20　车载网络系统的拓扑结构分为哪几类？ …… 21
1-21　目前车载网络系统是如何分类的？ …… 23
1-22　什么是 A 类网络？典型的 A 类网络有哪些？ …… 24
1-23　什么是 B 类网络？典型的 B 类网络有哪些？ …… 25
1-24　什么是 C 类网络？典型的 C 类网络有哪些？ …… 26
1-25　什么是 D 类网络？典型的 D 类网络有哪些？ …… 27
1-26　什么是 E 类网络？典型的 E 类网络有哪些？ …… 27
1-27　什么是诊断系统总线？ …… 28
第二章　CAN 总线及其维修技能 …… 30
2-28　什么是 CAN 总线？ …… 30
2-29　CAN 总线的主要特点有哪些？ …… 32
2-30　CAN 总线的网络结构是怎样的？ …… 33
2-31　CAN 总线的传输介质是什么？ …… 34

2-32　CAN 总线的节点结构是怎样的？ …… 36
2-33　CAN 总线的数据值是如何表示的？ …… 38
2-34　什么是 CAN 总线的终端电阻？ …… 40
2-35　CAN 总线传输的数据帧是怎样组成的？ …… 41
2-36　CAN 总线数据传输的优先级别是怎样规定的？ …… 41
2-37　CAN 总线数据的发送是如何实现的？ …… 43
2-38　CAN 总线数据的接收是如何实现的？ …… 44
2-39　CAN 总线的数据传输过程是怎样的？ …… 45
2-40　高速 CAN 总线有何特点？ …… 46
2-41　低速 CAN 总线有何特点？ …… 47
2-42　诊断 CAN 总线有何特点？ …… 47
2-43　CAN 总线的网关有何特点？ …… 49
2-44　高速 CAN 总线的容错功能为何无法实现？ …… 50
2-45　低速 CAN 总线的容错功能为何能够实现？ …… 52
2-46　CAN 总线的内部故障管理功能是如何实现的？ …… 54
2-47　东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网有何特点？ …… 55
2-48　东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网的休眠和唤醒是如何进行的？ …… 58
2-49　如何对东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网进行诊断？ …… 60
2-50　一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 网有何特点？ …… 61
2-51　一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线是如何进行网络管理的？ …… 66
2-52　如何用诊断仪对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线进行诊断？ …… 67
2-53　如何用示波器对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线进行诊断？ …… 71
2-54　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行故障波形分析？ …… 77
2-55　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 舒适总线进行故障波形分析？ …… 81
2-56　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线的终端电阻进行检测？ …… 90
2-57　一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线的常见故障类型与可能原因有哪些？ …… 91
2-58　如何使用数字万用表对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行系统故障诊断？ …… 93
2-59　如何使用 VAS5051 诊断仪对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行系统故障诊断？ …… 94
2-60　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 数据线进行维修？ …… 96
2-61　日产天籁的 CAN 网有何特点？ …… 96
2-62　日产天籁的 CAN 网发生故障时的症状有哪些？ …… 102
2-63　如何使用日产天籁的 CAN 通信信号表查找故障？ …… 105
2-64　如何使用诊断仪对日产天籁 CAN 总线进行诊断？ …… 105
2-65　如何对日产天籁 CAN 总线的主线电路故障进行诊断？ …… 111
2-66　如何对日产天籁 CAN 总线的支线电路故障进行诊断？ …… 112
2-67　如何对日产天籁 CAN 总线的通信电路故障进行诊断？ …… 115

第三章　LIN 总线及其维修技能 …… 116
3-68　什么是 LIN？ …… 116
3-69　LIN 总线的发展历史是怎样的？ …… 117
3-70　LIN 总线的主要特点有哪些？ …… 117
3-71　LIN 总线的网络结构是怎样的？ …… 118
3-72　LIN 总线的主控制单元和从控制单元各有何作用？ …… 118
3-73　LIN 总线的硬件由哪些部分组成？ …… 119
3-74　LIN 总线的信息帧是如何组成的？ …… 121
3-75　LIN 总线的通信是如何进行的？ …… 122
3-76　LIN 总线是如何进行错误管理的？ …… 123
3-77　LIN 总线的常见故障有哪些？ …… 123
3-78　LIN 总线的防盗功能是怎样的？ …… 124
3-79　一汽大众奥迪 A6L LIN 网的结构是怎样的？ …… 124
3-80　一汽大众奥迪 A6L LIN 网的工作原理是怎样的？ …… 125
3-81　一汽大众奥迪 A6L 空调 LIN 网是如何进行信息传输的？ …… 127
3-82　如何对一汽大众奥迪 A6L LIN 网进行诊断？ …… 128
3-83　克莱斯勒铂锐轿车的 LIN 总线的结构是怎样的？ …… 130
3-84　如何对克莱斯勒铂锐轿车的 LIN 总线进行诊断？ …… 131
3-85　克莱斯勒铂锐轿车的多功能开关 LIN 总线的工作原理是怎样的？ …… 132
3-86　三菱欧蓝德 LIN 网的结构是怎样的？ …… 133
3-87　三菱欧蓝德 LIN 网的诊断专用工具有哪些？ …… 134
3-88　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码及其诊断项目有哪些？ …… 135
3-89　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码如何读取？ …… 136
3-90　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U1109 转向柱开关 LIN 暂停”的诊断步骤是怎样的？ …… 140
3-91　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U0215 电动车窗开关（驾驶人侧）LIN 暂停”的诊断步骤是怎样的？ …… 142
3-92　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U1006 防盗报警器 LIN 暂停”的诊断步骤是怎样的？ …… 143
3-93　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U1515：总线不工作故障（LIN）”的诊断步骤是怎样的？ …… 145
第四章　MOST 总线及其维修技能 …… 150
4-94　什么是 MOST？ …… 150
4-95　为什么要采用 MOST 总线？ …… 151
4-96　MOST 经过了怎样的发展历程？ …… 152
4-97　MOST 总线的主要特点有哪些？ …… 154
4-98　MOST 总线控制单元部件的结构是怎样的？ …… 155
4-99　MOST 总线的传输媒介是什么？ …… 157
4-100　什么是光导纤维的衰减度？ …… 159

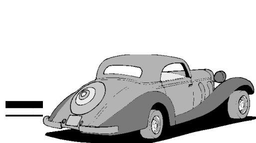
4-101 如何对光导纤维进行维修? …… 160
4-102 MOST 总线的基本工作原理是怎样的? …… 164
4-103 MOST 总线的数据帧结构是怎样的? …… 164
4-104 MOST 总线有哪几种工作状态? …… 166
4-105 MOST 总线的数据传输是如何实现的? …… 168
4-106 MOST 总线的故障类型有哪些? …… 171
4-107 什么是 MOST 总线的断环诊断? …… 171
4-108 宝马新 7 系 (F01/F02) 的 MOST 总线有哪些特点? …… 173
4-109 如何对宝马新 7 系 (F01/F02) 的 MOST 网进行诊断? …… 175
4-110 路虎极光的 MOST 总线的结构是怎样的? …… 176
4-111 路虎极光的 MOST 总线如何进行断环诊断? …… 177
4-112 沃尔沃 MOST 总线的结构是怎样的? …… 178
4-113 沃尔沃 MOST 总线是怎样进行通信的? …… 179
4-114 沃尔沃 MOST 总线的各个控制模块有何功能? …… 180
4-115 沃尔沃 MOST 总线有哪些故障类型? …… 181
4-116 沃尔沃 MOST 总线是如何进行断环诊断的? …… 182
第五章 FlexRay 总线及其维修技能 …… 183
5-117 什么是 FlexRay? …… 183
5-118 FlexRay 的发展历史是怎样的? …… 184
5-119 FlexRay 的主要特点有哪些? …… 184
5-120 FlexRay 的拓扑结构是怎样的? …… 185
5-121 FlexRay 控制单元的结构及原理是怎样的? …… 187
5-122 FlexRay 的基本工作原理是怎样的? …… 188
5-123 FlexRay 的通信模式是怎样的? …… 188
5-124 FlexRay 的数据帧是如何组成的? …… 189
5-125 FlexRay 总线上传输的信号是怎样的? …… 190
5-126 宝马新 7 系 (F01/F02) FlexRay 总线的结构是怎样的? …… 190
5-127 宝马新 7 系 (F01/F02) FlexRay 总线传输的信号是怎样的? …… 192
5-128 宝马新 7 系 (F01/F02) FlexRay 总线是怎样进行唤醒和休眠的? …… 192
5-129 宝马新 7 系 (F01/F02) FlexRay 总线信号是怎样实现同步化的? …… 193
5-130 宝马新 7 系 (F01/F02) FlexRay 总线是如何进行故障诊断的? …… 193
5-131 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线有何特点? …… 194
5-132 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的结构是怎样的? …… 194
5-133 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线上传输的信号是怎样的? …… 196
5-134 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的工作流程是怎样的? …… 196
5-135 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的典型故障表现有哪些? …… 197
5-136 如何对奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的故障进行诊断? …… 197
5-137 如何对奥迪 A8L 的 FlexRay 数据总线进行维修? …… 198

第六章　其他车载网络系统及其维修技能 …… 200
6-138　什么是VAN总线? …… 200
6-139　VAN总线的网络结构是怎样的? …… 200
6-140　VAN总线的传输介质是什么? …… 201
6-141　VAN总线的节点结构是怎样的? …… 202
6-142　VAN总线的电压信号形式是怎样的? …… 204
6-143　VAN总线的帧结构是怎样的? …… 204
6-144　VAN总线的诊断功能如何实现? …… 205
6-145　东风雪铁龙毕加索轿车的VAN网是如何组成的? …… 206
6-146　东风雪铁龙毕加索轿车的VAN网是怎样供电的? …… 208
6-147　东风雪铁龙毕加索VAN网中的智能控制盒BSI有哪些功能? …… 210
6-148　东风雪铁龙毕加索VAN网中的发动机伺服盒BSM有哪些功能? …… 211
6-149　如何用PROXIA3诊断仪对东风雪铁龙毕加索VAN网进行诊断? …… 214
6-150　如何用PROXIA3诊断仪对东风雪铁龙毕加索智能控制盒BSI进行设置? …… 218
6-151　如何更换东风雪铁龙毕加索智能控制盒BSI? …… 223
6-152　更换或维修东风雪铁龙毕加索VAN网内的模块需使用诊断仪进行哪些操作? …… 230
6-153　东风雪铁龙毕加索智能控制盒BSI所能诊断的VAN网故障有哪些? …… 231
6-154　什么是MPX? …… 232
6-155　MPX的基本工作原理是怎样的? …… 233
6-156　什么是BEAN? …… 234
6-157　BEAN总线的主要特点有哪些? …… 234
6-158　BEAN总线的数据传输方式有哪几种? …… 235
6-159　BEAN总线的数据帧结构是怎样的? …… 236
6-160　如何对BEAN总线进行故障诊断和排除? …… 237
6-161　什么是AVC-LAN? …… 239
6-162　如何对AVC-LAN总线进行故障诊断和排除? …… 240
6-163　什么是J1850? …… 243
6-164　什么是Class2? …… 243
6-165　什么是UART? …… 244
6-166　什么是GM-LAN? …… 246
6-167　如何对别克君威的“DTC U1000和DTC U1255 Class 2通信故障”进行诊断? …… 248
6-168　如何对别克君威的“DTC U1001-U1254与×××失去通信故障”进行诊断? …… 249
6-169　如何对别克新君威的高速GM-LAN总线进行故障诊断? …… 249
6-170　如何对别克新君威的中速GM-LAN总线进行故障诊断? …… 250
6-171　如何对别克新君威的低速GM-LAN总线进行故障诊断? …… 251
6-172　如何对GM-LAN的数据线进行修理? …… 251
6-173　什么是SCP? …… 252

6-174 SCP 网络的常见故障现象有哪些? …… 254
6-175 什么是 ACP? …… 255
6-176 ACP 网络的常见故障现象有哪些? …… 255
6-177 什么是 ISO 9141? …… 256
6-178 什么是车载蓝牙系统? …… 258
6-179 什么是 DDB? …… 260
6-180 什么是 Byteflight? …… 261
第七章 车载网络系统典型故障案例 …… 263
7-181 一辆奥迪 A6L 轿车的后尾灯、顶灯不亮，电子驻车制动发出警告，驻车辅助失效，前、后右侧玻璃无法升降，如何进行故障诊断? …… 263
7-182 一辆奥迪 Q7 组合仪表黑屏，无法起动，如何进行故障诊断? …… 265
7-183 一辆奥迪 A6L 无法起动，组合仪表上的故障灯不亮，如何进行故障诊断? …… 268
7-184 一辆宝马 750Li（E65）发动机无法起动，如何进行故障诊断? …… 269
7-185 一辆奥迪 A4L 点火开关无反应，组合仪表显示转向系统故障，仪表灯不亮，钥匙拔下后转向柱不锁死，如何进行故障诊断? …… 271
7-186 一辆宝马 745Li 行驶途中组合仪表多个故障警告灯亮，如何进行故障诊断? …… 274
7-187 一辆奔驰 R350 空调鼓风机长转，如何进行故障诊断? …… 275
7-188 一辆奥迪 A6L 发动机起动后冷却风扇长转，同时空调不工作，如何进行故障诊断? …… 276
7-189 一辆奥迪 S8 刮水器和雨刮喷水装置有时不工作，如何进行故障诊断? …… 277
7-190 一辆东风雪铁龙凯旋轿车转向前照灯功能失效，如何进行故障诊断? …… 278
7-191 一辆奥迪 A6L MMI 信息娱乐系统每次只能工作 1min，之后自动关闭，如何进行故障诊断? …… 279
7-192 一辆路虎揽胜音响无声音输出，如何进行故障诊断? …… 280
7-193 一辆路虎揽胜 DVD 播放有画面，无声音，如何进行故障诊断? …… 282
7-194 一辆路虎极光音频/视频显示灰色，无法使用 CD/DVD，如何进行故障诊断? …… 284
7-195 一辆雪铁龙萨拉毕加索 1.8L 轿车出现组合仪表黑屏无显示故障，如何对其 VAN 网进行故障诊断? …… 284
7-196 一辆雪铁龙萨拉毕加索 2.0L 轿车组合仪表只能较暗地显示几个警告灯，其余均为黑屏，如何对其 VAN 网进行故障诊断? …… 287
7-197 一辆旧款别克君威轿车燃油警告灯点亮，无法起动，如何进行故障诊断? …… 288
7-198 一辆别克新君越第一次无法正常起动，如何进行故障诊断? …… 289
7-199 一辆奔驰 S320（w220）启动 COMMAND 主机使用音频时有时无声，如何进行故障诊断? …… 292
7-200 一辆宝马 745Li（E65）组合仪表和显示器显示自动变速器故障信息，左、右转向灯不工作，如何进行故障诊断? …… 293



第一章



车载网络系统必知常识

1-1　什么是车载网络系统?

车载网络系统是指汽车上多个电控系统的控制单元之间相互连接、协调工作并共享信息构成的汽车车载计算机网络系统。

控制单元（Electronic Control Unit，ECU）一般是汽车内部系统控制模块的代名词。ECU 的主要部分是微机，而核心部件是 CPU。ECU 将输入信号转化为数字形式，根据存储的参考数据进行对比加工，计算出输出值，输出信号再经功率放大去控制若干个调节伺服元件，如继电器和开关等。因此，ECU 实际上是一个“电子控制单元”，它由输入电路、微机和输出电路三部分组成。控制单元（ECU）是电控系统的核心。

传统汽车通常采用导线将控制单元及负载设备连接起来，即采用点对点通信方式。随着汽车电子技术的不断发展，车辆上的电控系统越来越多，功能也越来越复杂，采用了很多控制单元。例如，动力系统方面有发动机电控系统、自动变速器电控系统、ABS 制动防抱死电控系统、牵引控制系统等；车身系统方面有车门电控系统、座椅电控系统、车灯电控系统、安全气囊电控系统、空调电控系统等；娱乐及媒体系统方面有收音机电控系统、车载电话电控系统、导航电控系统、CD 播放电控系统、电视电控系统等。

每一个控制单元都需要和多个传感器、执行器之间进行信息传递，而每一个输入、输出信号又可能与多个控制单元之间发生通信。如果每个电控系统都独立配置一整套相应的传感器和执行器，势必造成导线的大量增加，从而使得在有限的汽车空间内布线越来越困难，限制了功能的扩展，也增加了汽车维修人员进行故障诊断和维修的难度。此外，汽车综合控制的准确性也要求输入、输出信号和数据能做到共享，只有这样才能对汽车实现更为复杂的控制。

因此，汽车上的控制单元并不是仅仅与负载设备简单地连接，更多的是与外围设备及其他控制单元进行信息交流，并经过复杂的控制运算，发出控制指令，简单的导线连接无法做到这一点。另外，不同的控制单元常常会同时用到相同的传感器信号，简单的导线连接势必造成传感器或导线的浪费和电路的复杂化，而导线本身是汽车电子系统中成本较高的部件。据统计，导线质量在汽车上可占整车质量的 4%，导线质量每增加 50kg，油耗会增加

0.2L/100km。

车载网络系统的构建能从根本上解决上述问题。我们经常说到的计算机网络，简单来说，就是分布在不同地点、具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来，在软件和协议管理下进行信息交换，实现资源共享和协同工作。将其引申到车载网络，则是指分布在车辆上不同位置、各自独立的多个电控系统，通过数据总线和网关服务器连接在一起，通过规定的通信协议实现信息共享、共同工作和复杂功能。

图1-1就是一个典型的车载网络系统，它将上述汽车上的各个电控系统的控制单元用数据总线（等同于网线）统统连接成了一个网络，从而实现信息共享、减少布线、降低成本以及提高总体可靠性的目的。目前，世界上所有汽车制造商无一例外地在车载网络系统的研发和应用上投入大量人力和物力。同时，用户也从中获得了实际利益，这直接体现在汽车性价比的提高上。

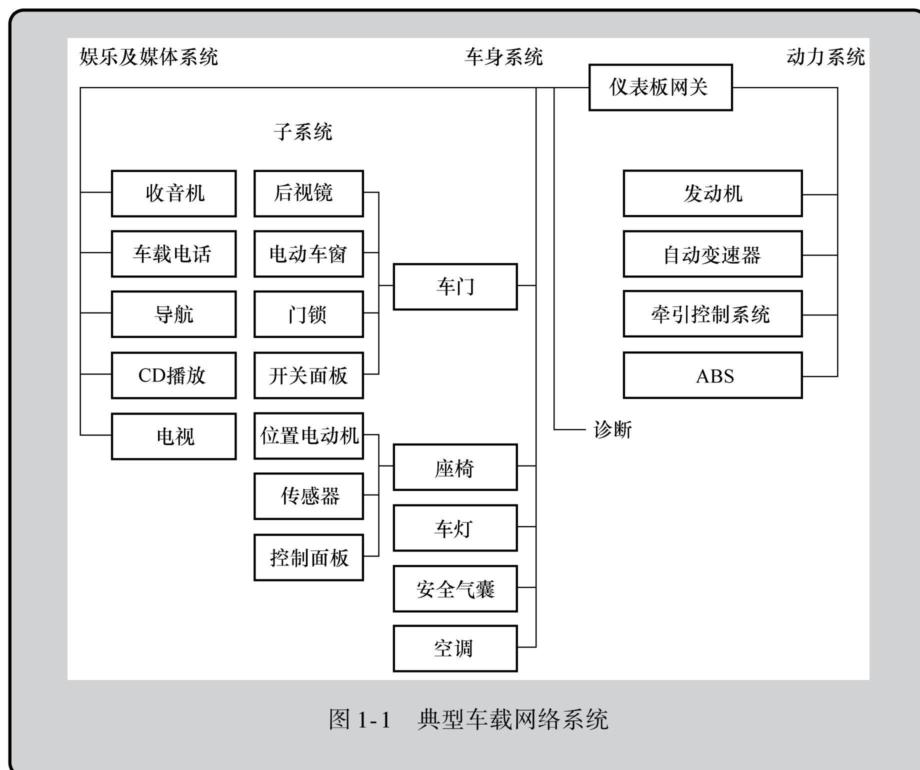


图1-1 典型车载网络系统

1-2 车载网络系统的发展历史经历了哪些阶段?

1980年，在汽车上第一次引入了电控系统。最早得到应用的是发动机电控系统和防抱死制动系统（ABS），这些系统之间和系统对外进行数据交换时，早期采取点对点连接形式，通过模拟信号或简单的电信号来实现。此后不久，汽车制造商们一致认为必须制订一套统一的数据通信解决方案，BOSCH公司作为欧洲汽车电控系统制造商之一，带头承担了这个任务。

1983年，丰田公司在世纪牌汽车上最早采用了应用光缆的车门电控系统，实现了多个

控制单元的连接通信。该系统采用了集中控制的方法，车门控制单元（ECU）可对各个车门的门锁、玻璃升降进行控制，这是早期在汽车上采用的光缆系统，可被看作是最早的车载网络系统。

1986 年至 1989 年，汽车的车身电气系统中装用了以铜线作为网线连接的车载网络系统。例如，日产公司的车门多路传输控制系统、通用公司的车灯多路传输控制系统等，均投入了批量生产。在此期间，一些车载网络系统的标准也纷纷推出。

1986 年 2 月，BOSCH 公司在美国汽车工程师协会（SAE）大会上介绍了一种新型的串行总线——控制器局域网（Controller Area Network，CAN）。随后，美国汽车工程师协会（SAE）提出了 J1850。此后，日本也提出了各种各样的网络方案。并且丰田、日产、三菱和马自达等汽车制造商也都将车载网络系统投入批量生产，但没有统一为以车身电气系统为主的控制方法。而在其他国家，特别是欧洲的汽车制造商则大量采用了 CAN，由于其控制系统上都可以采用 CAN，从而充分证明了 CAN 在车载网络系统领域的先进性。而在美国，通过采用 SAE J1850 普及了车载网络系统，在 SAE 中也通过了 CAN 的标准，明确表示将转向 CAN。

20 世纪 90 年代，由于集成电路技术和电子器件制造技术的迅速发展，单片机开始作为总线的接口端，采用总线技术的价格逐步降低，总线技术进入了实用化阶段，车载网络的时代开始了。

2000 年，欧洲以与 CAN 协议不同的思路提出了控制系统的新协议——基于时间触发的协议（Time Triggered Protocol，TTP），并在 X－by－Wire 系统上开始应用。在此对 X－by－Wire 适当加以说明，对于飞机的控制系统来说，有一个词组为 Fly－by－Wire，直译为线控飞行系统，它表示飞机的控制方式，即将飞行员的操纵和操作命令转换成电信号，利用计算机控制飞行的工作方式。将这种操作方式引入汽车，则出现了 Drive－by－Wire 系统，直译为线控驱动系统。在汽车上类似的系统还有 Steering－by－Wire（线控转向）系统、Brake－by－Wire（线控制动）系统，将这些系统统称为 X－by－Wire 系统。

与这些网络采用不同思路开发的是汽车信息系统，该系统在开关、显示设备之间建立网络，利用光纤将显示信息进行传递。为了实现音响系统的数字化，建立了将音频信号与信息系统综合在一起的 AV 网络。为了满足大容量数据连续输出，这种网络采用了光缆。**当对汽车引入智能交通系统（ITS）时，由于要与车外交换数据，所以在信息系统中将会采用更大容量的网络，于是出现了 DDB 协议、MOST 及 IEEE1394 等。**表 1-1 为常见汽车车载网络系统的开发年份、采用厂家等。

表 1-1　常见汽车车载网络系统的开发年份、采用厂家等

开发年份	车载网络	厂　家	备　注
	DDB 开发	Philips 公司	1986 年 2 月北美车采用 LAN
	CAN 开发	Bosch 公司	1986 年 12 月欧洲车采用 LAN
1986 年之前	VNP 开发 CCD 开发	北美 北美	1987 年 12 月日本车采用 LAN
1988	MOST 开发 CCD 开发 VAN 开发	美国车采用	

（续）

开发年份	车载网络	厂家	备注
1991	CAN 开发	欧洲车采用	
1992	DDB DDB Optical 开发	日本车采用	
1994	J1850 VAN	SAE 认可，ISO 批准	
1995 年之后	DDB	欧洲车采用	以汽车厂为主对新 LAN 进行研究
2000 年之后	发表 LIN 发表 TTP 发表 Byteflight 发表 TTCAN		发表了许多新的 LAN

随着汽车电子技术的发展，车载网络系统变得越来越复杂，导致现在的新车型上要采用多个互联的总线系统组成网络。为了控制这种复杂的车载网络系统，降低成本，汽车制造商将被迫去寻找对总线系统和数据交换所采用的协议标准化的解决方案。表 1-2 为目前主要车载网络系统的基本情况。

表 1-2　目前主要车载网络系统的基本情况

车载网络	概　　要	通信速度	组织和推动单位
CAN	车身/动力传动系统控制用协议，目前十分流行的一种具有国际标准的现场总线，汽车上基本都采用这类总线	1Mbit/s	Robert Bosch ISO
VAN	车身系统控制用 LAN 协议，以法国为中心	1Mbit/s	ISO
J1850	车身系统控制用 LAN 协议，以美国为中心	10.4kbit/s 41.6kbit/s	Ford Motor
LIN	车身系统控制用 LAN 协议，液压组件专用	20kbit/s	LIN
IDB－C	以 CAN 为基础的控制用 LAN 协议	250kbit/s	IDM
TTP/C	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，时分多路复用（TDMA）	2Mbit/s 25Mbit/s	TIT
TTCAN	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，时间同步的 CAN	1Mbit/s	Robert Bosch CiA
Byteflight	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议，通用时分多路复用（FTDMA）	10Mbit/s	BMW
FlexRay	重视安全、按用途分类的控制用 LAN 协议	5Mbit/s	BMW Daimler Chrysler
DDB/Optical	音频系统通信协议，将 DDB 作为音频系统总线，采用光纤通信	5.6Mbit/s	C&C
MOST	信息系统通信协议，以欧洲为中心，由克莱斯勒公司与 BMW 公司推动	22.5Mbit/s	MOST
IEEE 1394	信息系统通信协议，有转化成 IDB1394 的动向	100Mbit/s	1394

在未来，由于大量数据需要交换和处理，车载网络系统迫切需要频带更宽的总线。CAN 总线将在一段时间内继续充当车载网络系统的统治角色，采用一种 LIN、CAN 和 FlexRay 混合的协议方案正成为趋势，而 MOST 和 ByteFlight 也将在信息娱乐网络和安全网络中占据一席之地。

1-3　什么是局域网?

局域网（Local Area Network，LAN）是指在某一区域内由多台计算机互联成的计算机组或网络。一般这个区域具有特定的职能，通过这个网络实现这个系统内的资源共享和信息通信，如可以实现文件管理、应用软件共享、打印机共享、工作组内的日程安排、电子邮件和传真通信服务等功能。连接到网络上的可以是计算机、基于微处理器的应用系统或智能装置。局域网是封闭型的，可以由办公室内的两台计算机组成，也可以由一个公司内的上千台计算机组成。

从物理意义上讲，汽车上许多控制单元和数据总线距离很近，为了实现信息共享而把多条数据总线连在一起，或者把数据总线和控制单元当作一个系统，形成网络，符合上述局域网的特征，因此被称为汽车上的局域网（LAN）。

如图 1-2 所示，丰田公司雷克萨斯 LS430 型轿车的几条数据总线间共有 29 块相互交换信息的控制单元，几条数据总线连接 29 个控制单元，总线又连接到局域网上，构成整个车载网络。其数据传输速率一般在 10～103kbit/s 范围，传输距离在几十米范围。

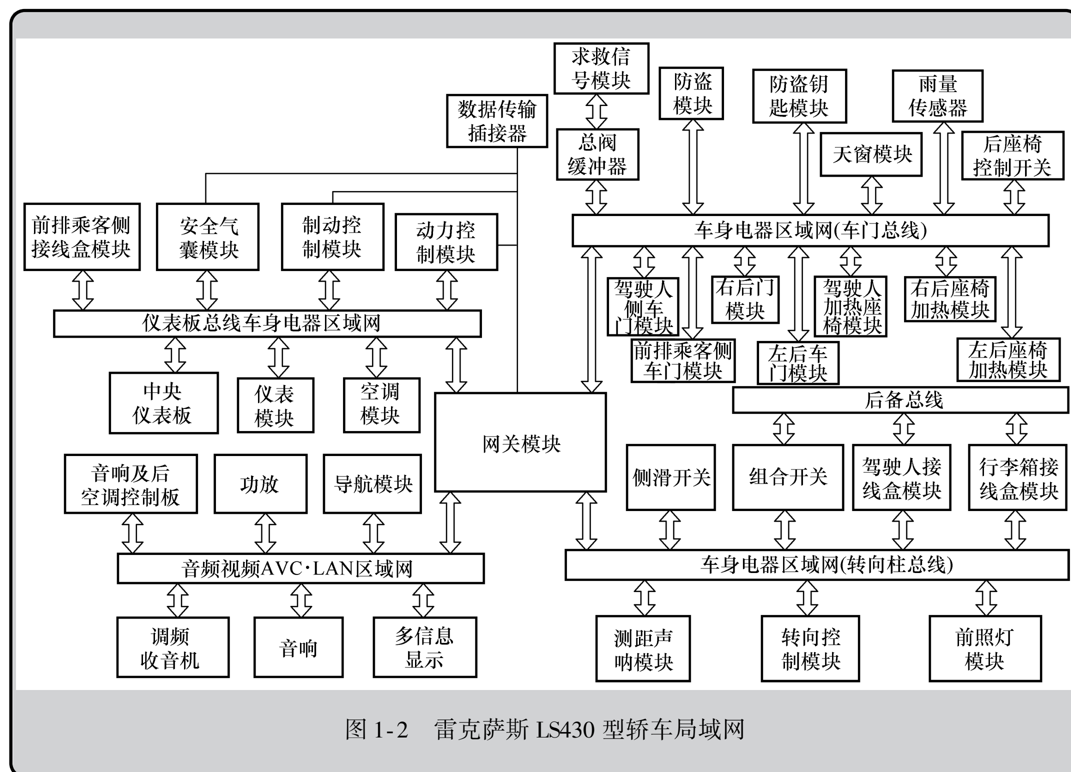


图 1-2　雷克萨斯 LS430 型轿车局域网

1-4 什么是模块和节点?

模块又称构件，是能够单独命名并独立地完成一定功能的程序语句的集合（即程序代码和数据结构的集合），可以将模块理解为一种具有独立工作和通信能力的电子装置，简单的如温度和压力传感器，复杂的如计算机（微处理器 CPU 或控制单元）。在计算机多路传输系统中，一些简单的模块被称为节点。车载网络就是把单个、分散的测量控制设备（模块）变成网络节点，以数据总线为纽带，把它们连接成可以相互沟通信息、共同完成自控任务的网络系统与控制系统（见图 1-3）。

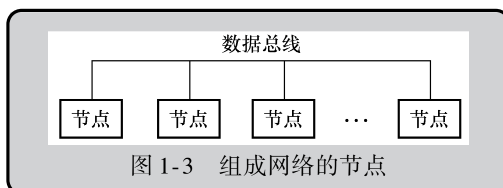


图 1-3 组成网络的节点

1-5 什么是多路传输?

多路传输是指在车载网络系统中，将多种信息混合或交叉通过一条通信信道传输的方式。事实上由大量数字信号组成的信息是依次传输的，但速度非常快，似乎就是同时传输的。对一个人来说，0.1s 算是非常快了，但即使对一台运算速度相对慢的计算机来说，0.1s 也是很长的时间。如果将 0.1s 分成许多微小的片段，每个片段传输其中一个数字信号，就可实现在一条通信信道上传输多个数字信号，这就是分时多路传输。常见的车载网络系统是单线或双线分时多路传输系统。

图 1-4 为常规线路与多路传输线路的区别。采用常规线路控制灯光、电动机、加热器和电磁阀，需要四条直接受开关控制的较长供电线。而采用多路传输线路，可先通过一个 ECU 接收开关控制信息，然后通过一个通信信道将四种信息发给另一个 ECU，另一个 ECU 根据接收的信息来控制上述电器。值得注意的是，多路传输系统 ECU 之间所用导线比常规线路系统所用导线少得多。由于多路传输可以通过一根线（数据总线）执行多个指令，因此

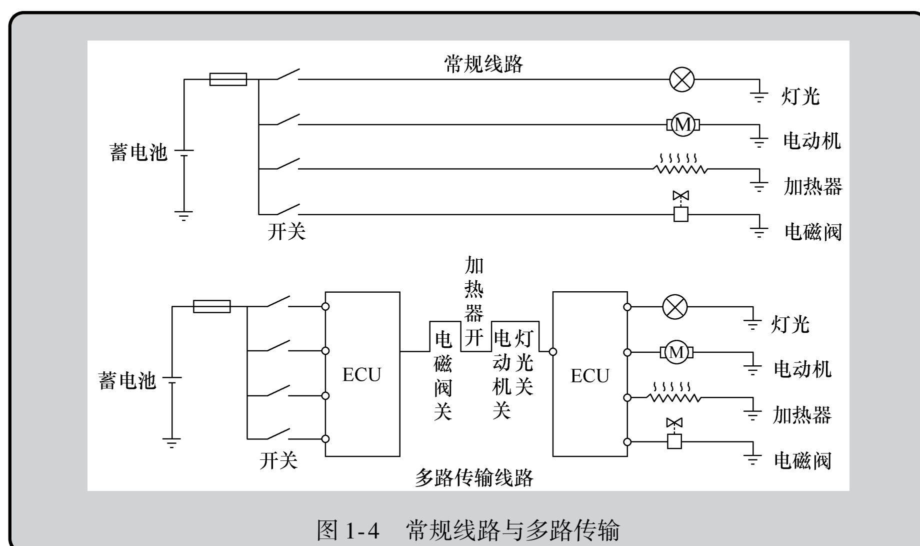


图 1-4 常规线路与多路传输

可以增加许多功能装置。

1-6　什么是数据总线?

汽车上的电控系统彼此之间的关系越来越密切，它们之间的信息交流也变得越来越必要。为了传输信息，人们采用了数据总线（Multi－plexing）作为沟通交流的载体，并对这些信息交流进行管理。**数据总线是电控系统模块间运行数据的通道，即所谓的“信息高速公路”，如图 1-5 所示。数据总线可以实现在一条数据线上传递的信号被多个电控系统共享，从而最大限度地提高整体效率，做到充分利用有限的资源。**

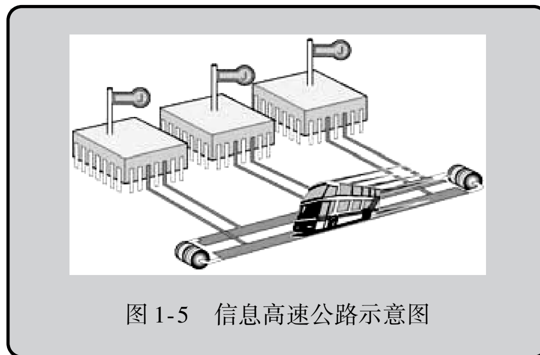


图 1-5　信息高速公路示意图

例如，常见的计算机键盘有 104 位键，可以发出 100 多个不同的指令，但键盘与主机之间的数据连线却只有 7 根，键盘正是依靠这 7 根数据连线上不同的电平组合（编码）来传递信号的。如果把这种方式应用在汽车电控系统上，就可以大大简化目前的汽车电路。可以通过不同的编码信号来表示不同的动作与含义，信号解码后，根据指令接通或断开对前照灯、刮水器、电动座椅灯等用电设备的通路。这样就能将过去一线一用的专线制改为一线多用制，大大减少了汽车上导线的长度与数目，缩小了线束的直径。当然，数据总线还可使计算机技术融入整个汽车系统中，加速了汽车智能化的发展。

如果系统可以发送和接收数据，则这样的数据总线就称为双向数据总线。车载网络数据总线通常是 1 条数据线或 2 条数据线。两线式的其中一条数据线不是用作额外的通道。它的作用有点像公路的路肩，上面立有交通标志和信号灯。一旦数据通道出了故障，这“路肩”在有些数据总线中被用来承载“交通”，或者令数据换向通过一条或两条数据总线中未发出故障的部分。为了屏蔽电磁干扰，双线制数据总线的两条线是绞在一起的。各汽车制造商一直在设计各自的数据总线，如果不兼容，就称为专用数据总线。如果是按照某种国际标准设计的，就是非专用的。为使不同厂家生产的零部件能在同一辆汽车上协调工作，必须制订标准。按照 ISO 有关标准，CAN 的拓扑结构为总线式，因此也称为 CAN 总线（CAN－BUS）。

高速数据总线及网络容易产生电噪声（电磁干扰），这种电噪声会导致数据传输出错。数据总线有多种检错方法，如检测一段特定数据的长度。如果出错，数据将重新传输，这就会导致各系统的运行速度减慢。解决的方法有：使用价格高、功能更强大、结构更复杂的模块；采用双绞线数据总线，它的数据传递是基于两条总线的电压差，可以有效抑制共模干扰信号，使传输效率大大提高。

1-7　什么是主总线系统和子总线系统?

原则上把数据总线系统分为两类，即主总线系统和子总线系统。主总线系统负责跨系统的数据交换；子总线系统负责系统内的数据交换。这些系统用于交换特定系统内数据量相对

较少的数据。以宝马汽车为例，见表1-3，其主总线系统有K总线（也称I总线）、D总线、CAN、K－CAN、F－CAN、PT－CAN、byteflight、MOST等；见表1-4，子总线系统有K总线协议、BSD、DWA总线、LIN总线等。

表1-3　宝马汽车的主总线系统

主总线系统	数据传输率	总线结构
K总线①	9.6kbit/s	线性，单线
D总线	10.5～115kbit/s	线性，单线
CAN	100kbit/s	线性，双线
K－CAN	100kbit/s	线性，双线
F－CAN	100kbit/s	线性，双线
PT－CAN	500kbit/s	线性，双线
byteflight	10Mbit/s	星形，光缆
MOST	22.5Mbit/s	环形，光缆

①　在更早的车型中也称为I总线。

表1-4　宝马汽车的子总线系统

子总线系统	数据传输率	总线结构
K总线协议	9.6kbit/s	线性，单线
BSD	9.6kbit/s	线性，单线
DWA总线	9.6kbit/s	线性，单线
LIN总线	9.6～19.2kbit/s	线性，单线

1-8　什么是通信协议（传输协议）？

人们的生活中有很多协议，如劳动保障协议、国际贸易公平协议、土地使用协议等。协议（Protocol）是指两个或两个以上实体为了开展某项活动，经过协商后达成的一致意见。网络是由许多具有信息交换和处理能力的节点互连而成的，要使整个网络有条不紊地工作，就要求每个节点必须遵守一些事先约定好的有关数据格式及时序等规则。这些为实现网络数据交换而建立的规则、约定或标准就称为网络协议。

在车载网络中，模块之间通过数据总线通信时，通信双方需要一些预先制订的标准和约定才能正常交换信息，如通信方法、通信时间、通信内容等，从而保证通信双方能做到相互配合、共同遵守，这些规则就称为通信协议。

通信协议犹如交通规则，其中包括“交通标志”的制订方法。就像现实生活中消防车、救护车拥有优先通行权，同样在车载网络系统中，例如车辆发生碰撞的信息相对于其他相对重要性较低的信息拥有优先传输权，以保证迅速打开安全气囊、收紧安全带的同时将车门解锁和点亮危险警告灯，为驾乘者做到最大限度避险。通信协议的标准包含“唤醒访问”和“握手”。“唤醒访问”就是一个送至某模块的信号，这个模块为了节电而处于休眠状态；“握手”就是模块间相互确认兼容并处在工作状态。汽车维修人员不用关心通信协议本身，

但应了解它对汽车维修诊断的影响。通信协议本身取决于车辆要传输的数据量、使用的模块数量及数据总线的传输速度。大多数通信协议以及使用它们的数据总线和网络都是专用的，因此，维修诊断时需要专门的软件。

通信协议种类繁多，全球各大汽车制造商采用的典型通信协议主要有 8 种，见表 1-5。除这 8 种通信协议之外，还有其他协议，如：宝马公司（BMW）1994 年提出的 DAN 集中式网络协议、阿尔法·罗密欧公司的 DAN 集中式网络协议、卢卡斯（Lucas）公司的光学分布式星形耦合器系统、日立公司的集中式光学单纤维双向通信协议以及飞利浦公司的 DDR 分布式网络协议等。到目前为止，世界上尚无一个可以兼容各大汽车公司通信协议的通用标准，仍是多种类型的通信协议共存的局面。

表 1-5　典型通信协议

序号	通信协议名称	推荐或实施单位
1	CAN	奔驰、英特尔、博世、JSAE、ISO/TC22/SC3/WG1
2	BASIC CAN	飞利浦、博世
3	ABUS	大众
4	VAN	雷诺、标致、雪铁龙、ISO/TC22/SC3/WG1
5	HBCC	福特、SAEJ1850
6	PALMNET	马自达、SAE
7	DLCS	通用
8	CCD	克莱斯勒、SAE

注：SAE——美国汽车工程师学会；ISO——国际标准化组织。

通信协议的三要素如下：

（1）语法　确定通信双方之间“如何讲”，即由逻辑说明构成，要对信息或报文中各字段格式化，说明报头（或标题）字段、命令和应答的结构。

（2）语义　确定通信双方之间“讲什么”，即由过程说明构成，要对发布请求、执行动作以及返回应答予以解释，并确定用于协调和差错处理的控制信息。

（3）定时规则　指出事件的顺序以及速度匹配、排序。

通信协议的功能是控制并指导两个对话实体的对话过程，发现对话过程中出现的差错并确定处理策略。具体说来，每个通信协议都是具有针对性的，用于特定的目的，所以各通信协议的功能是不一样的，但是有一些公共的功能是大多数通信协议都具有的。这些功能包括四个方面：

（1）差错检测和纠正　面向通信传输的协议常使用“应答－重发”和通信校验进行差错的检测和纠正工作。一般来说，通信协议中对异常情况的处理说明要占很大的比例。

（2）分块和重装　用协议控制进行传送的数据长度是有一定限制的，参加交换的数据都要求有一定的格式。为满足这个要求，就需要将实际应用中的数据进行加工处理，使之符合协议交换时的格式要求，只有这样才能应用协议进行数据交换。分块与重装就是这种加工处理操作。分块操作将大的数据划分成若干小块，重装操作则是将划分的小块数据重新组合复原。

（3）排序　对发送出的数据进行编号以标志它们的顺序，通过排序，可达到按序传递、

信息流控制和差错控制等目的。

（4）流量控制　限制发送的数据量或速率，以防止在信道中出现堵塞现象。

1-9　什么是传输媒体?

传输媒体又称传输媒介、传输介质或链路，指的是网络信息传输的媒体，在车载网络中是指发送方模块和接收方模块之间的物理通路，分为有线和无线两种类型。目前车上使用的大多数传输媒体都是有线网络。通常用于局域网的有线传输媒体有双绞线、同轴电缆和光纤。表1-6列出了三种传输媒体的主要特性。

表1-6　三种传输媒体的主要特性

媒体	信号类型	最大数据传输速度/(Mbit/s)	最大传输距离/km	联网设备数/个
双绞线	数字	1～2	0.04	几十
同轴电缆（50Ω）	数字	10	—	几百
同轴电缆（75Ω）	数字	50	1	几十
同轴电缆（75Ω）	模拟	20	10	几千
同轴电缆（75Ω）	单信道模拟	50	1	几十
光纤	模拟	100	1	几十

如图1-6所示，双绞线由螺旋扭在一起的两根绝缘导线组成，线对扭在一起的目的是减少相互间的辐射电磁干扰。双绞线是局域网中最普通的传输媒体，一般用于低速传输，最大传输速率可达几Mbit/s；双绞线成本较低，传输距离较近，非常适合车载网络的情况，也是车载网络使用最多的传输媒体。双绞线既可以用于点到点的连接，也可以用于多点的连接，作为一种多点媒体，双绞线比同轴电缆的价格低，但性能差，普遍用于点-点连接。在低频传输时，双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆，但在超过10～100kHz时，同轴电缆就比双绞线明显优越。在价格上，双绞线比同轴电缆或光导纤维都要便宜得多。

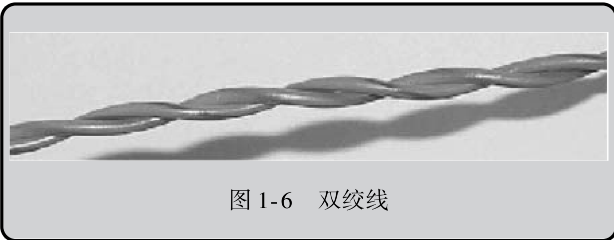


图1-6　双绞线

同轴电缆也像双绞线那样由一对导体组成，但它们按“同轴”形式构成线对，如图1-7所示，最里层是铜线内芯，外包一层绝缘层，外面再包一层网状屏蔽层，最外面则是起保护作用的塑料封套。铜线内芯和屏蔽层构成一对导体。闭路电视所使用的CATV电缆就是同轴电缆。同轴电缆可以满足较高性能的传输要求，适用于点到点和多点连接，连接的网络节点较多，跨越的距离较大。由

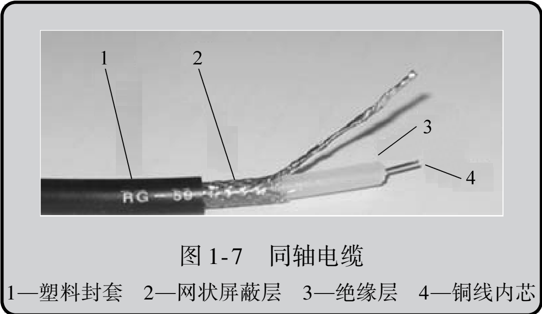


图1-7　同轴电缆

1—塑料封套　2—网状屏蔽层　3—绝缘层　4—铜线内芯

于同轴电缆有较高的数据传输率，因此总线上信号间的物理距离非常小。这样，只允许有非常小的衰减或噪声，否则数据就会出错。同轴电缆的抗干扰性能比双绞线强。在价格上，安装同轴电缆的费用比双绞线高，但比光导纤维低。

同轴电缆既能采用基带传输方式进行数据传输，又能采用宽带传输方式进行数据传输。基带传输是利用数字信号传递信息，传输速率一般为 1～10Mbit/s，在限制传输距离和联网设备数据的条件下，可达 50Mbit/s。宽带传输是采用电缆电视技术，利用调制方法传递模拟的已调载波信号，传输速率一般也为 1～10Mbit/s，但其可以提供多条数据路径，支持多功能、大跨度网络。

光纤是光导纤维的简称，如图 1-8 所示。光导纤维由纤芯、反射涂层、黑色包层和彩色包层组成。纤芯是光导纤维的核心部分，它是用有机玻璃制成的光导线，根据全反射的原理进行几乎无损失的传导。透光的反射涂层是用氟聚合物制成，它包在纤芯周围，对全反射起到关键的作用。黑色包层是由尼龙制成，它用来防止外部光的照射。彩色包层起到识别、保护及隔热的作用。

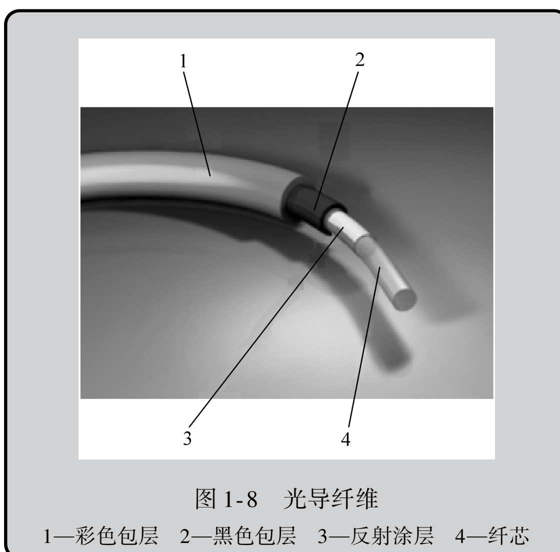


图 1-8　光导纤维
1—彩色包层　2—黑色包层　3—反射涂层　4—纤芯

光导纤维中光波的传送方式如下：

（1）笔直的光导纤维　光导纤维以直线方式在内芯线中传导部分光波，如图 1-9 所示。大多数光波以 z 形图案传送，其结果是在内芯线的表面产生了全反射。

（2）弯曲的光导纤维　光波通过全反射在纤芯的涂层界面上反射，从而可以弯曲传送（见图 1-10）。

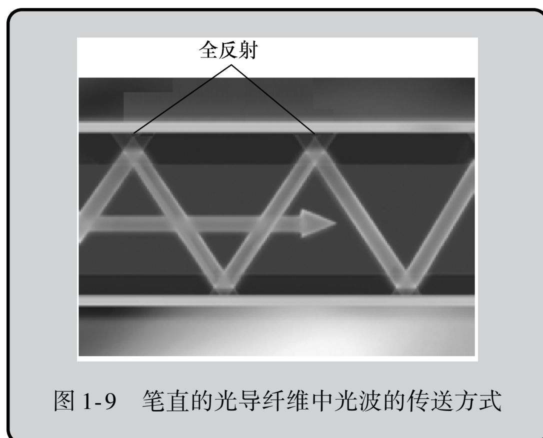


图 1-9　笔直的光导纤维中光波的传送方式

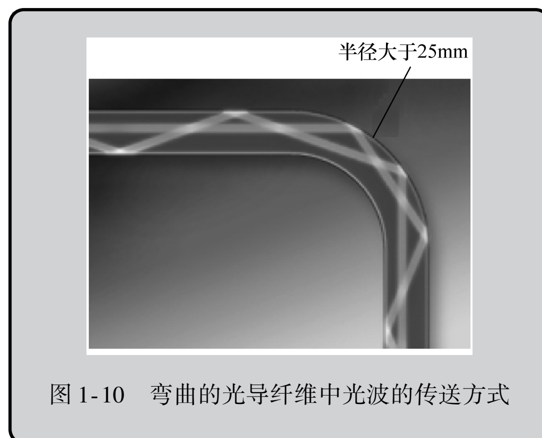


图 1-10　弯曲的光导纤维中光波的传送方式

（3）过于弯曲的光导纤维　当一束光以小角度照射到折射率高的材料与折射率低的材料之间的界面时，那么光束就会被完全反射，这被称为全反射。光导纤维中的纤芯是折射率高的材料，涂层是折射率低的材料，所以全反射发生在纤芯的内部。这个效应取决于从内部

照射到界面的光波角度，如果该角度过陡，那么光波就会离开纤芯，从而造成较大损失。当光导纤维弯曲或弯折过度时就会出现如图1-11所示的情况，故光导纤维的弯曲半径绝不能小于25mm。

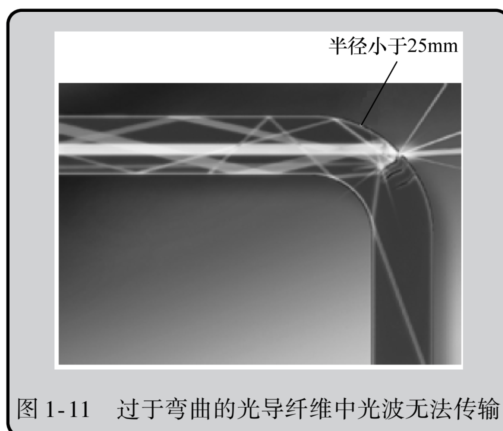


图1-11　过于弯曲的光导纤维中光波无法传输

光导纤维在电磁兼容性等方面有独特的优点，数据传输速度高，传输距离远。在车载网络中，特别在一些要求传输速度高的车载网络（如车上信息与多媒体网络）中，光纤都有很好的应用前景，但其受到成本和技术的限制，现在使用得并不多。

无线传输媒体中值得一提的是短程无线通信标准——蓝牙（Bluetooth）技术在汽车应用中的实现，该技术使汽车网络更加丰富多彩。

1-10　什么是网关?

车载网络系统发展到今天，一辆汽车上可能采用多条不同通信协议或不同传输速度的数据总线，这种情况下模块之间不能完全实现信息共享。所以必须有一种有特殊功能的模块能达到信息共享和不产生协议间的冲突，实现无差错的数据传输。**网关（Gateway）就是这样一种模块，它又称网间连接器、协议转换器，能将采用不同通信协议或者不同传输速度的模块间传输的信息进行解码，重新编译，再将数据传输到不同的系统。**它就像一个居民小区的门卫，任何人要进入小区，它都要先询问客人是否应邀前来，再通知某位住户有人来访了。

网关是复杂的网络互联设备，仅用于两个高层协议不同的网络互联。如图1-12所示，如果把高速总线看成一列特快列车，低速总线看成一列普快列车，其互相传输的信息看成旅客，则旅客要想换乘特快列车或普快列车，均需经过站台，这里的“站台”就是网关。



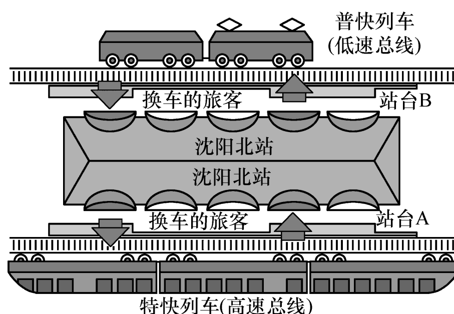


图1-12　火车站与网关的类比示意图

如图1-13所示，网关是车载网络系统内部通信的核心，通过它不仅可以实现各条总线上的信息共享，还能实现车载网络系统的管理和故障诊断功能。

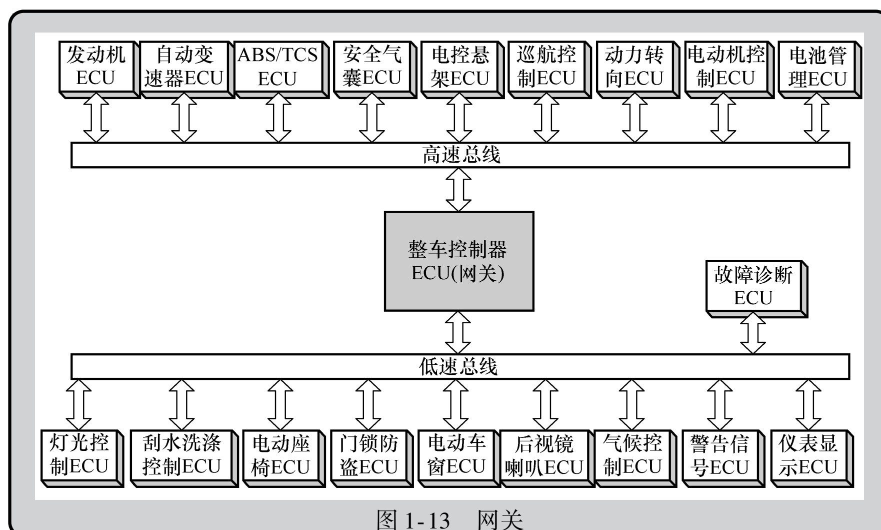


图 1-13　网关

车载网络系统中网关的作用有：

1）网关可以把局域网上的数据转变成可以识别的诊断数据语言，方便诊断。

2）网关可以实现低速网络和高速网络的信息共享。

3）与计算机系统中的网关作用一样，负责接收和发送信息。

4）激活和监控局域网络的工作状态。

5）实现汽车网络系统内数据的同步性。

6）对信息标识符进行翻译。

网关有集成在组合仪表或控制单元内部的，也有单独安装的，一般安装在仪表板左下方或加速踏板上方。

1-11　车载网络系统采用哪种信息传输方式？

常见的信息传输方式有：模拟信号传输和数字信号传输。

1. 模拟信号传输

“模拟”这个概念来源于希腊语“Analogos”，表示“类似于”。模拟信号是指与数据成比例的连续变化的物理常量（见图 1-14）。模拟信号的特点是可以采用 0～100% 之间的任意值，因此该信号为无级方式。采用模拟信号的有指针式测量仪器、水银温度计、指针式时钟等。

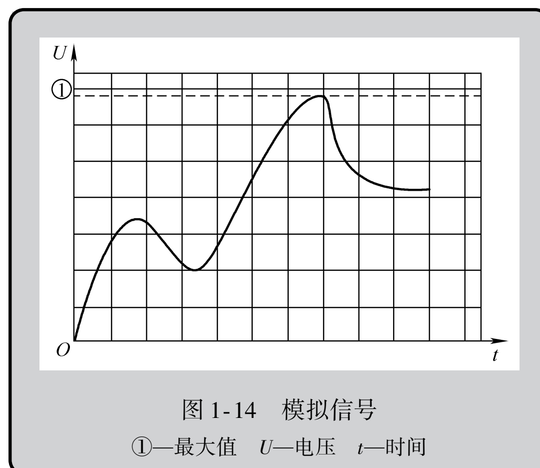


图 1-14　模拟信号

①—最大值　*U*—电压　*t*—时间

例如，听音乐时耳朵接收到模拟信号（声波连续变化），电气设备（音响系统、收音机、电话等）以同样的方式通过连续变化的电压表示出这种声音。但当这种电信号由某一设备向另一设备传输时，接收装置接收到的信息与发射装置发送的信息并不完全相同，这是由于受到电缆长度、导线电阻、无线电波和移动无线电信号等因素干扰造成的，故模拟信号传输的缺点是抗干扰能力差。此外，由于模拟信号电压变化太小可能无法显示出可靠的数值（如 ABS、安全气囊和发动机管理系统等），因此出于安全技术的原因，在车辆应用方面不通过模拟方式传输信息。

2. 数字信号传输

“数字”这个概念来源于拉丁语“Digitus”，表示手指或脚趾。因此，“数字”就是指可以用几个手指就算清的所有事务，确切地说，就是分为各个独立阶段的所有事务。数字表示方式就是以数字形式表示不断变化的参数。因此，“数字”是“模拟”的对立形式。采用数字信号的有数字万用表、数字时钟、CD、DVD 等。

图 1-15 为数字信号，当数字信号受干扰时，模块有过滤功能即只识别高电位如 5V 或低电位如 0V，故抗干扰能力强，缺点是传输带宽非常大。

在计算机内，所有数据都以“0”和“1”的序列形式表示出来（二进制），称之为二进制信号传输。如图 1-16 所示，一个二进制信号只能识别两种状态：0 和 1，或高和低。二进制信号可以直接用来表示一些状态，例如：1 表示车灯亮起，0 表示车灯未亮起；0 表示继电器已断开，1 表示继电器已吸合；1 表示供电，0 表示未供电。

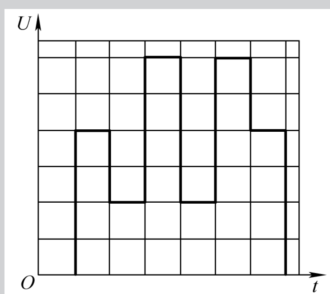


图 1-15 数字信号
U—电压 t—时间

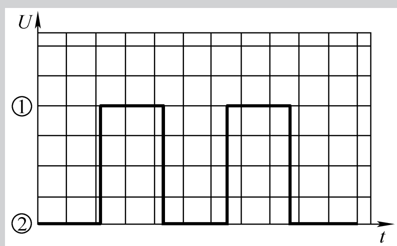


图 1-16 二进制信号
①—高 ②—低 U—电压 t—时间

车载网络系统采用的信息传输方式均为二进制信号传输。在车辆应用中，高电平为 1，低电平为 0。为了能够清楚区分高和低两种电平状态，明确规定了每种状态的对应范围：高电平为 6～12V；低电平为 0～2V；2～6V 之间的范围即所谓的禁止范围，用于识别故障（见图 1-17）。

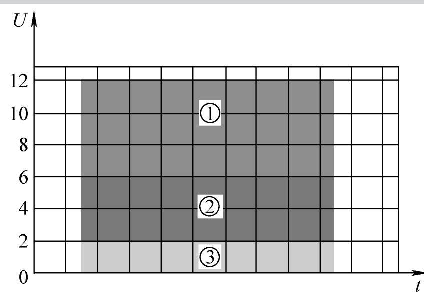


图 1-17 高、低电平的范围
①—高电平范围 ②—禁止范围 ③—低电平范围
U—电压 t—时间

1-12　什么是比特和比特率？

比特是计算机专业术语，英文为 Bit，即 Binary digit（二进制数）的缩写，是信息量的度量单位，为信息量的最小单位。

车载网络系统的数据总线上传输的数字信号是以电压的形式出现的。高电压（如 5V 或 2.5V）被识别为数值 1 的状态（见图 1-18），低电压（如 0V）被识别为数值 0 的状态（见图 1-19），数值 1 或 0 作为数据的最小单位，就是一个比特。而数据总线上传输的信息，就是一长串比特。

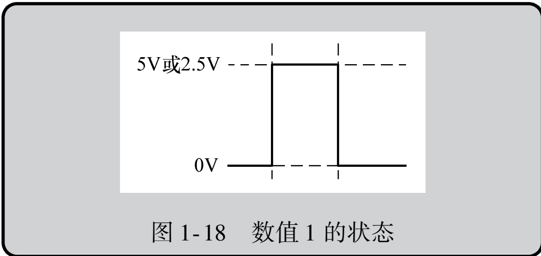


图 1-18　数值 1 的状态

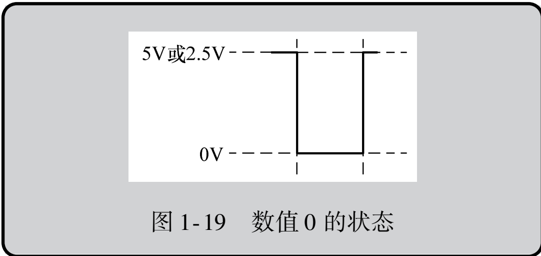


图 1-19　数值 0 的状态

如表 1-7 所示，如果数据由两个比特组成，就有四种可能的组合方式，可以用来表示四条不同状态的信息，发往各模块。随着比特数的增加，其组合方式以 2 的 N 次方的数量增加，所传输的信息量也随之增加。

表 1-7　两个比特的组合

可能的组合	比特 2	比特 1	图形	电动车窗状态信息	冷却液温度信息/℃
一	0V	0V		运动中	10℃
二	0V	5V		未运动	20℃
三	5V	0V		范围以内	30℃
四	5V	5V		全关闭确认 到达上止位点	40℃

比特率是指每秒传送的比特（bit）数，单位为 bit/s。比特率越高，传送的数据越大。比特率表示经过编码后的数据每秒钟需要用多少个比特来表示。比特率与编码数据的关系，简单地说就是比特率越高，数据传输的质量就越好，但编码后的文件就越大；如果比特率小则情况刚好相反。

1-13　什么是字节？

8 个比特构成一个字节（Byte）。例如，节气门的位置信息由 8 个比特组成，其组合方

式有256种，所能传输的位置信息有256个，0°～102°的节气门信息可以以0.4°为间隔进行传输，见表1-8。

表1-8　节气门的位置信息

比特顺序	节气门位置
0000 0000	节气门开启角0°
0000 0001	节气门开启角0.4°
0000 0010	节气门开启角0.8°
…	…
0101 0100	节气门开启角33.6°
…	…
1111 1111	节气门开启角102.0°

更大字节单位的常用名称：1KB（千字节）=2^{10}B，即1024B；1MB（兆字节）=2^{20}B，即1024KB（1 048 576B）；1GB（千兆字节）=2^{30}B，即1024MB（1 073 741 824B）。

1-14　什么是接口？

如图1-20所示，**接口是为两个系统、模块或部件之间连接服务的数据传输的界面**。为了通过接口正确传输数据，所有模块必须使用相同的硬件和软件。如果无法满足这些前提条件，则由一个网关来完成。

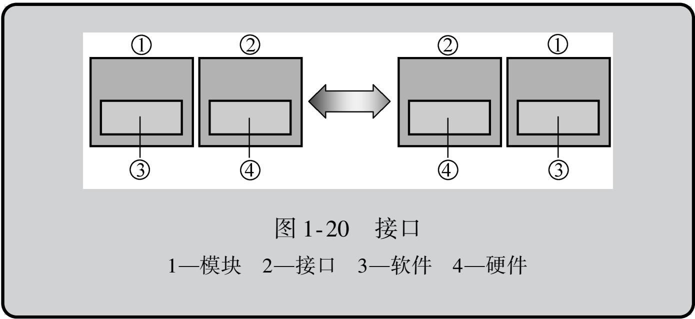


图1-20　接口

1—模块　2—接口　3—软件　4—硬件

通过接口连接不同模块时有两种连接方式：点对点连接和多点连接。点对点连接仅适用于在一条传输路径上连接两个模块（见图1-21）。多点连接时可在同一传输路径上连接两个以上的模块（见图1-22）。为此必须为各模块分配明确的代码（地址），以便各模块能够有针对性地做出响应。如果将传输路径的控制功能主要分配给其中一个模块，该模块就是主控模块，其他所有模块就是从控模块。

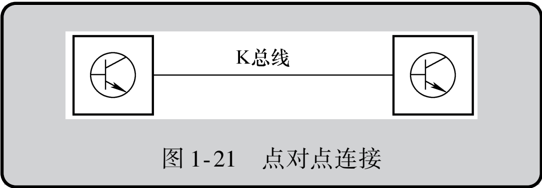


图1-21　点对点连接

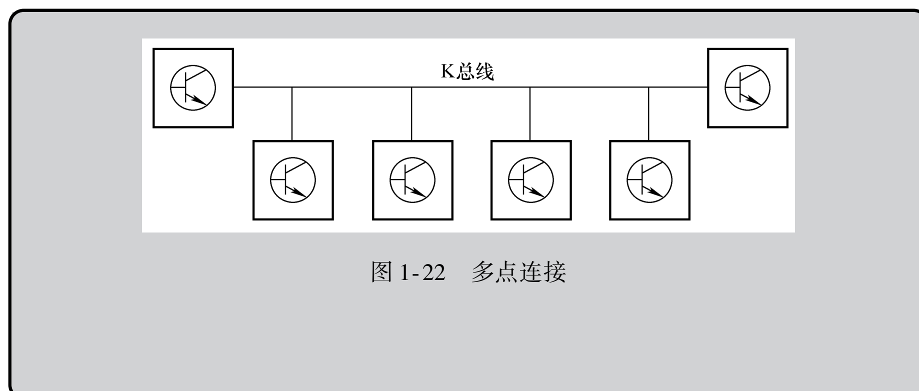


图 1-22　多点连接

1-15　接口数据传输方式有哪些?

无论传输方向如何，通过接口进行数据传输时都有三种基本运行模式：单工传输、半双工传输和全双工传输。单工传输只能朝一个方向传输数据，即单向传输，如图 1-23 所示，发送装置向接收装置传输数据。半双工传输的两个模块可以相互交换数据。在此过程中，双方可以交替充当发送装置或接收装置，但无法同时传输数据（见图 1-24）。全双工传输可以同时朝两个方向传输数据，即双向传输，每个方向都有一条专用总线（见图 1-25）。

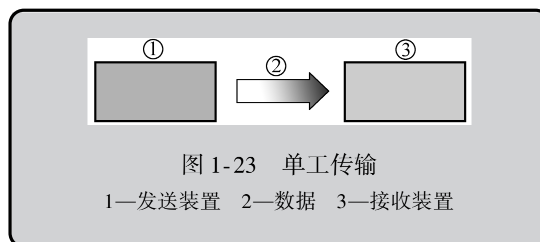


图 1-23　单工传输

1—发送装置　2—数据　3—接收装置

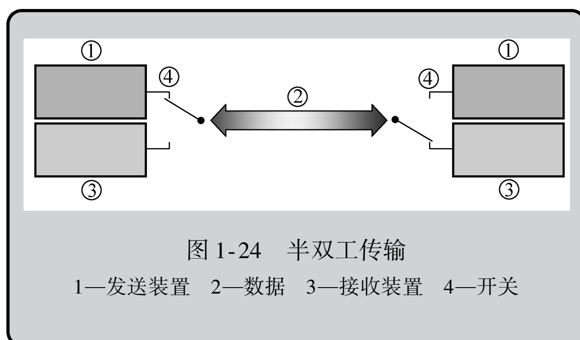


图 1-24　半双工传输

1—发送装置　2—数据　3—接收装置　4—开关

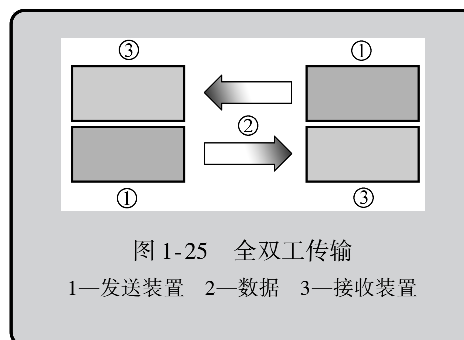


图 1-25　全双工传输

1—发送装置　2—数据　3—接收装置

1-16　什么是串行传输和并行传输?

在车载网络系统中，根据发送模块向接收模块传输信息时各字节传输方式的不同，分为并行传输和串行传输两种形式。

进行并行数据传输时，发送模块向接收模块同时传输八位数据。以并行形式传输数据时，发送模块和接收模块之间必须连接八根平行排列的传输导线和接地导线。如图 1-26 所示，采用并行传输时，其每位数据都需要一个通道，如发送模块发送“01010011”这样一

个字节（共八位数据）时，需要采用八根导线连接接收模块，每根导线上传输一位数据。从传输效率上看较高，但成本高昂。因此，需要较高的传输速度时，可以考虑采用这种传输方式，但由于导线和插接器的费用较高，只能在传输路径较短时采用这种方式。

串行传输主要用于在模块之间进行数字通信。以串行形式传输数据时，发送模块和接收模块之间仅需连接一根传输导线和接地导线，在一根传输导线上以比特为单位连续依次传输多位数据。如图1-27所示，采用串行传输仅需要一个通道，如发送模块同样发送“01010011”，仅需要采用一根导线连接接收模块，这一根导线上可传输八位数据。这种传输方式的优点是降低了布线的时间和成本，缺点是延长了传输时间。一个八位并行接口可在一个单位时间内传输一个数据字节，而一个串行接口至少需要八个单位时间才能传输一个数据字节。不过，传输距离越长就越能体现出串行传输的优势。

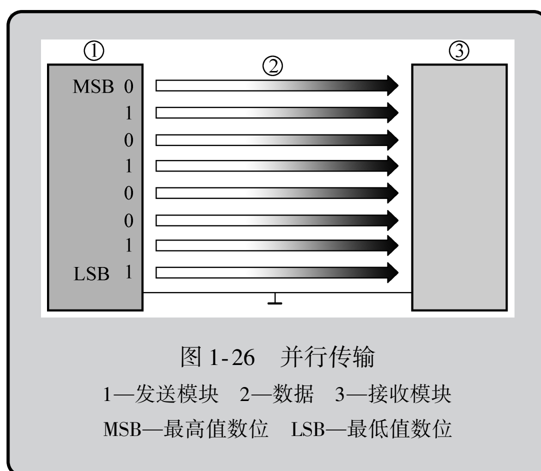


图1-26　并行传输
1—发送模块　2—数据　3—接收模块
MSB—最高值数位　LSB—最低值数位

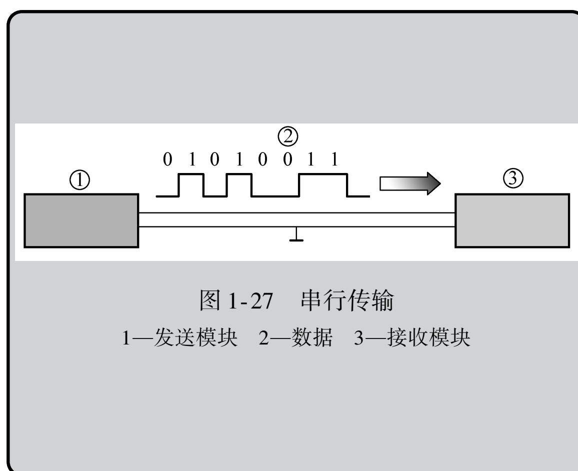


图1-27　串行传输
1—发送模块　2—数据　3—接收模块

在下列情况时可考虑采用串行传输：

1）传输距离较长，例如汽车上离得较远的模块之间的数据传输。

2）为了节省导线成本。

3）要求有较高的抗干扰能力时。

4）需要传输的数据量较小时。

串行传输的主要问题在于发送和接收模块之间数据传输的时间同步性。发送模块根据节拍频率发送一个规定长度的数据组。只有当接收模块在相同时间周期内对数据组进行分析时，数据传输才会正确，否则将出现错误。

1-17　什么是同步传输和异步传输？

如图1-28所示，**发送模块和接收模块使用一个共同的时钟脉冲发生器可保持数据传输的时间同步性，这就是所谓同步传输。**此时只需使用发送模块的时钟脉冲发生器，通过一根传输导线按其节拍频率将数据传送给接收模块。同步传输数据通常以一个规定长度的数据组的形式进行发送，为了使发送和接收同步，在数据组的起始和结束位需要加上识别符号，以便确认数据的完整性。

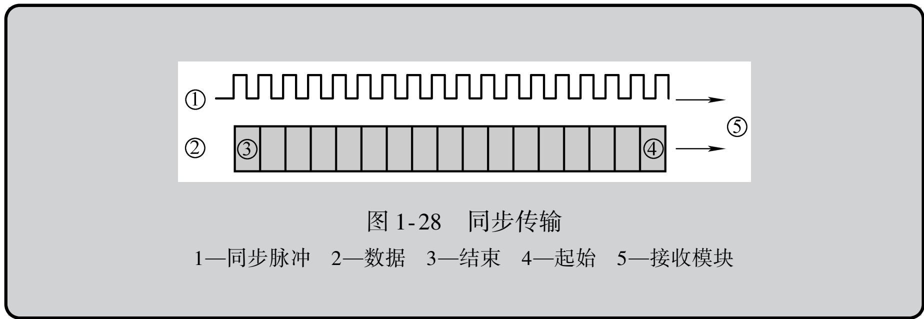


图 1-28　同步传输

1—同步脉冲　2—数据　3—结束　4—起始　5—接收模块

异步传输与同步传输相反，发送和接收模块之间没有共同的时钟脉冲发生器。进行异步传输时，通过起始位和结束位来识别所发送的数据组的起始和结束。只有当接收模块确认已接收到之前的数据组后，发送模块才会传输接下来的数据组，因此这种传输方式相对较慢。此外，数据传输的快慢还取决于总线长度。

异步传输是根据数据组的持续时间建立并保持发送和接收模块之间的同步性的，这种方式又称为起止方式。如图 1-29 所示，每个数据组起始处都有一个起始位，接收模块可通过该起始位与发送模块的节拍频率保持同步。随后发送 5 ~ 8 个数据位，首先发送最低值数位，最后发送最高值数位。接着可能发送一个检查位（校验位），此后还有一个或两个结束位。结束位用于传输两个数据组期间的最小停顿，为接收模块提供了接收下面数据组的准备时间。

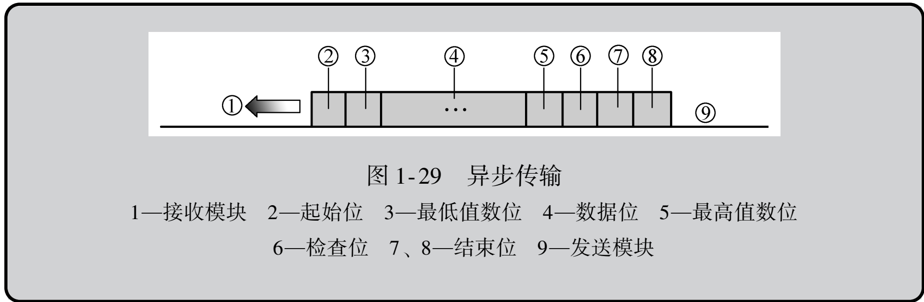


图 1-29　异步传输

1—接收模块　2—起始位　3—最低值数位　4—数据位　5—最高值数位

6—检查位　7、8—结束位　9—发送模块

异步传输时，发送模块和接收模块的传输形式必须一致，也就是说，两个模块内的下列参数需调节一致：传输速率、奇偶校验检查、数据位的数量、结束位的数量。

1-18　什么是帧?

为了可靠地传输信息中包含的大量数据，通常将原始数据分割成一定长度的数据组来传输，这就称为帧。一帧内包含的数据有同步信号（如帧的开始与结束）、错误控制（各类检错码或纠错码，大多数采用检错重发的控制方式）、流量控制（协调发送方与接收方的速率）、控制信息、数据信息、寻址（在传输通道共享的情况下，保证每一帧都能正确到达接收方，接收方也能知道数据来自哪个发送方）等。

模块之间的数据传输是通过以下 5 种类型的帧进行的：数据帧、远程帧、错误帧、过载帧和帧间隔。数据帧是用于发送模块向接收模块传送数据的帧；远程帧是用于接收模块向具

有相同 ID 的发送模块请求数据的帧；错误帧是用于当检测出错误时向其他模块通知错误的帧；过载帧是用于接收模块通知其尚未做好接收准备的帧；帧间隔是用于将数据帧及远程帧与前面的帧分离开来的帧。

以数据帧为例，如图 1-30 所示。数据帧由 7 个段构成：

（1）帧起始　表示数据帧开始的段。

（2）仲裁段　表示该帧优先级的段。

（3）控制段　表示数据的字节数及保留位的段。

（4）数据段　表示数据的内容，可发送 0 ~ 8 个字节的数据。

（5）CRC 段　检查帧的传输错误的段。

（6）ACK 段　表示确认正常接收的段。

（7）帧结束　表示数据帧结束的段。

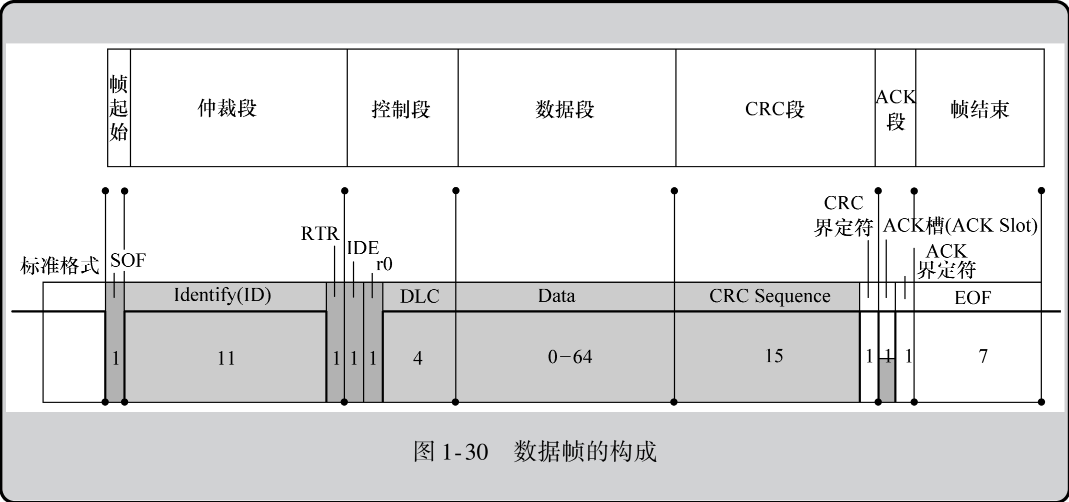


图 1-30　数据帧的构成

1-19　什么是传输仲裁？

车载网络系统中的各个模块随时都可以访问总线，因此经常会出现多个模块需要同时占用总线发送信息的情况，这样可能就会破坏各个模块所发送的信息，这就是所谓总线访问冲突。为了解决总线访问冲突问题，使用了一种程序，该程序可确保按照重要程度排列顺序发送信息，这种机制称为传输仲裁。这个程序会对各条信息的标志符进行比较，随即便会首先发送最重要（最高优先级）的信息。这种机制可确保总线工作能力，此外还能考虑到信息的优先级别。

在总线空闲状态时，最先开始发送数据的模块获得发送权。但当多个模块同时开始发送时，如图 1-31 所示，模块 1 和模块 2 从信息中包含的仲裁段的第一位开始进行仲裁。连续输出显性电平（即低电压，数值为 0）最多的模块 2 仲裁胜出，可继续发送信息。仲裁失利的模块 1 从下一个位开始转为接收状态，等待模块 2 发送完信息后再重新发送信息。

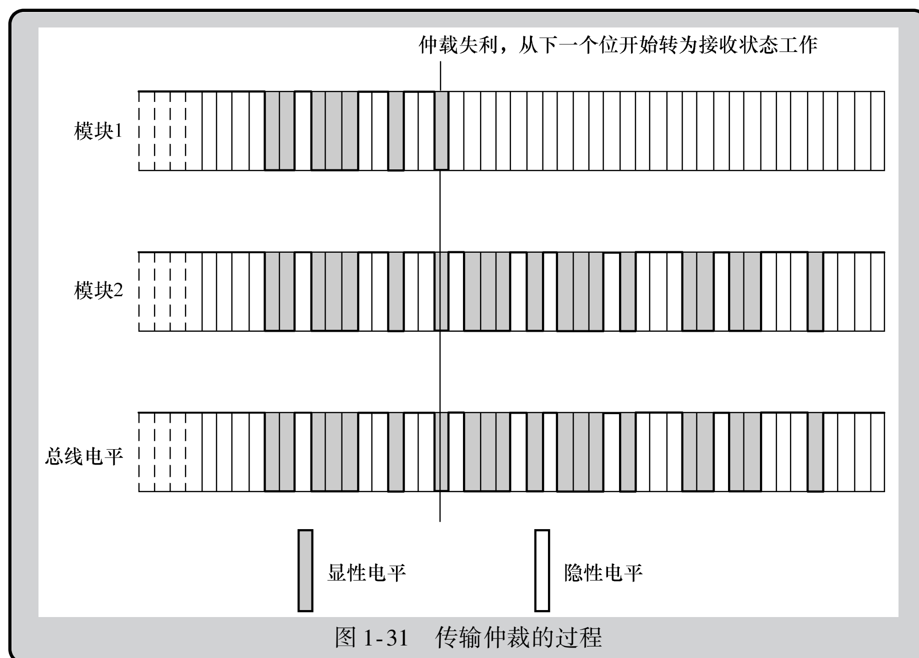


图 1-31　传输仲裁的过程

1-20　车载网络系统的拓扑结构分为哪几类?

车载网络系统的拓扑结构（Topological Structure）是指车载网络中节点与数据总线的物理构成模式。按结构形式来分，汽车网络的拓扑结构主要有线形结构、星形结构、环形结构等几种。

线形拓扑结构是一种共享通路的物理结构。这种结构中总线具有信息的双向传输功能，普遍用于控制器局域网的连接，总线一般采用同轴电缆或双绞线（见图 1-32）。线形拓扑结构的特点：信道利用率较高，但同一时刻只能有两处网络节点在相互通信，网络延伸距离有限，网络容纳节点数有限（受信道访问机制的影响）。

星形拓扑结构是一种以中央节点为中心，把若干外围节点连接起来的辐射式互联结构（见图 1-33）。星形拓扑结构的特点：结构简单，通信功能简单，但中央节点负载过重，线路

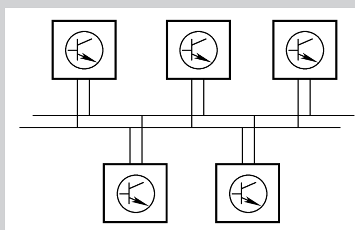


图 1-32　线形拓扑结构

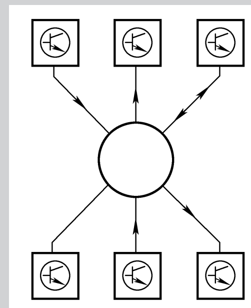


图 1-33　星形拓扑结构

利用率不高。

环形拓扑结构由各节点首尾相连形成一个闭合环形线路。环形网络中的信息传送是单向的，即沿一个方向从一个节点传到另一个节点；每个节点需安装中继器，以接收、放大、发送信号。如图1-34所示，宝马车系影音娱乐系统的MOST总线采用环形拓扑结构。环形拓扑结构的特点：实时性较高，传输控制机制较为简单，但一个节点出故障可能会终止全网运行，可靠性较差，网络扩充调整较为复杂。

按控制方式来分，车载网络系统的拓扑结构包括：中控式控制、区域式控制和分配式控制。

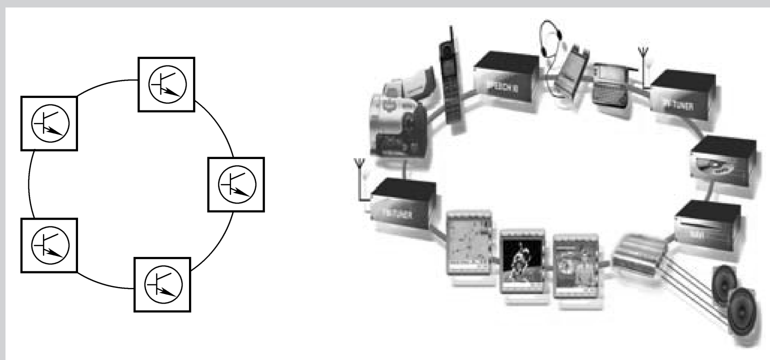


图1-34　环形拓扑结构

中控式控制的结构示意图如图1-35所示，唯一的中央模块（控制器）控制一切执行器的运行，因此需要中央模块具有超强的工作能力，一旦运行出现故障，整个网络将瘫痪。

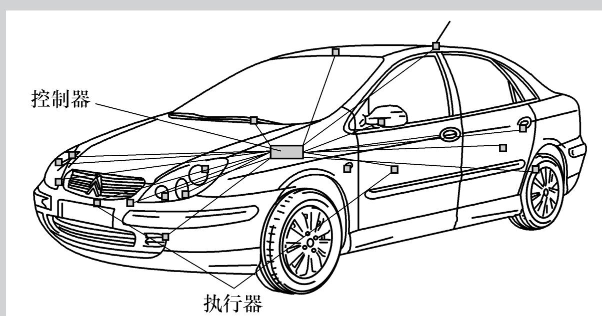


图1-35　中控式控制的结构示意图

区域式控制与中控式控制相比有明显的改进，如图1-36所示，其网络分布很完善，但是其二级系统间仍缺乏有效的连接，而它们之间也是需要相互交换信息的。

分配式控制的结构示意图如图1-37所示，由一个具有充当“管理者”角色的模块——网关负责二级系统各模块之间的连接。网关不仅是所有信息的交汇点，而且还管理不同系统间的信息交流。这是目前汽车上采用的常见信息传输控制方式。

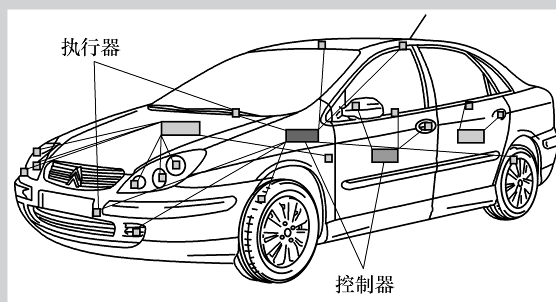


图 1-36　区域式控制的结构示意图

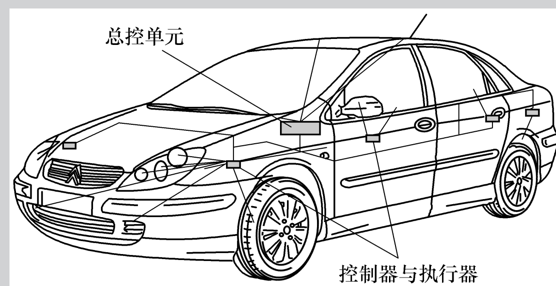


图 1-37　分配式控制的结构示意图

1-21　目前车载网络系统是如何分类的?

国际上众多知名汽车公司早在 20 世纪 80 年代就积极致力于汽车网络技术的研究及应用。1983 年，丰田公司在世纪牌汽车上最早采用了应用光缆的车门控制系统，实现了多个节点的连接通信。此系统采用了集中控制方法，通过车身 ECU 对各车门的门锁、电动玻璃窗进行控制，这是早期在汽车上采用的光缆系统。

迄今为止，已有多种汽车网络标准存在，但其侧重的功能有所不同。**20 世纪 90 年代中期，美国汽车工程师学会（SAE）把车载网络系统分为 A、B、C 三类。**最近几年，随着汽车电子技术的高速发展，世界各大汽车公司、电子元器件及各科研机构推出了许多新的车载网络系统，到目前为止大约有 40 多种，现已难以将这些新的车载网络系统都归类到 SAE 定义的三类网络中去。**按系统的复杂程度、信息量、必要的动作响应速度、可靠性要求等，沿袭 SAE 的分类方式，现大致将车载网络系统分为 A、B、C、D、E 五类**（见表 1-9）。

表 1-9　车载网络系统的分类

类别	位速率	应用范围	目前主要网络
A	1～10kbit/s	面向传感器、执行器，主要应用于电动门窗、座椅调节、灯光照明等控制	TTP/A、LIN
B	10～100kbit/s	面向独立模块间的数据共享，主要应用于车辆信息中心、故障诊断、仪表显示等系统	低速 CANJ1850、VAN
C	125kbit/s～1Mbit/s	面向实时控制，主要用于与汽车安全相关，以及实时性要求比较高的地方，如动力系统	高速 CAN、TTP/C、FlexRay
D	250kbit/s～400Mbit/s	面向多媒体、导航系统等，主要用于娱乐和多媒体信息交换的车载网络	IDB－C、IDB－M、IDB－Wireless、MOST
E	10Mbit/s	面向乘员的安全系统，主要应用于车辆被动安全领域	Byteflight

随着技术的不断进步，在未来的 5～10 年里，时间触发协议（Time Trigger Protocol，TTP）和 FlexRay 将得到广泛使用，使车载网络技术得到一次脱胎换骨的提升。

1-22　什么是 A 类网络？典型的 A 类网络有哪些？

A 类网络的定义与 SAE 的相同，它主要是面向传感器、执行器的低速网络。该类网络对实时性要求不高，位传输速率一般在 1～10kbit/s，主要应用于电动门窗、座椅调节、灯光照明等控制。

表 1-10 为典型的 A 类网络标准。

表 1-10　典型的 A 类网络标准

协议名称	用户	主要使用场合	备注
UART	GM	多种场合	正在淘汰
Sinebus	GM	音频	应用于无线操纵车轮控制
CCD	Chrysler	空调、音频等	正被逐步淘汰
J1780/J1587/J1922	T&B	多种场合	正被逐步淘汰
TTP/A	TTTech	智能传感器	由维也纳技术大学开发
BEAN	Toyota	车身控制	
LIN	许多厂商	车身控制	由 LIN 协会开发

A 类的网络通信大部分采用 UART（Universal Asynchronous Reveiver/Transmitter，通用异步收发器）标准。UART 是一个并行输入转化成为串行输出的芯片，通常集成在主板。UART 使用起来既简单又经济，但随着技术的发展，UART 将逐步在汽车通信系统中被停止使用。

根据各网络协议目前发展和使用的状况，目前 A 类网络的主要协议是 TTP/A、BEAN 和 LIN，其中尤以 LIN 协议应用最广。

TTP/A 协议最初由维也纳工业大学制订，为时间触发类型的网络协议，主要应用于集成了智能变换器的实时现场总线。它具有标准的 UART，能自动识别加入总线的主节点与从

节点，节点在某段已知的时间内触发通信但不具备内部容错功能。

BEAN（Body Electronics Area Network，车身电子局域网）是丰田汽车专用的双向通信网络。它是一种多总线车身电子局域网，应用在仪表板系统、转向柱系统和车门系统等，最大传输速率为10kbit/s，采取单线制，数据长度为1～11字节。

LIN是用于分配式控制车载网络系统的一种低成本串行通信系统。1998年，Motorola、Audi、BMW、VCT等公司成立了一个协会，在潜心研究A类网络已有协议的基础上，于1999年7月提出了LIN网络协议标准。LIN采用SCI、UART等通用硬件接口，辅以相应的驱动程序，采取主从式结构单线12V的总线通信方式，主要用于智能传感器和执行器的串行通信。其优点是适用面较广，且成本低廉，配置灵活。采用LIN能够提高汽车上分层多路传输网络的性能，降低汽车电子控制装置开发、生产以及诊断服务的成本。目前，LIN网络已经广泛地被世界上的大多数汽车公司以及零配件厂商所接受，成为事实上的A类网络标准。

1-23　什么是B类网络？典型的B类网络有哪些？

B类网络主要面向独立模块间的数据共享，是中速网络。该类网络适用于对实时性要求不高的通信场合，以减少冗余传感器和其他电子部件。B类网络的位传输速率一般在10～100kbit/s，主要应用于车辆信息中心、故障诊断、仪表显示等系统。

表1-11为典型的B类网络标准。

表1-11　典型B类网络标准

协议名称	用户	主要使用场合	备　注
J2284	GM、Ford、DC	多种场合	基于ISO 11898
VAN	Renault&PSA	车身控制	基于ISO 11519—3
SAE J1850	GM、Ford、Chrysler	多种场合	主要应用于北美汽车公司
低速CAN	欧洲	车身控制	速率为47.6～125kbit/s，又称容错CAN

目前，B类网络的主流协议为SAE　J1850、VAN和低速CAN。

1994年2月1日，SAE正式将J1850作为B类网络标准协议。SAE　J1850最早应用在美国Ford、GM以及前Chrysler公司的汽车中。J1850作为诊断和数据共享曾被广泛应用在汽车产品中。但目前，J1850正逐渐被CAN所取代。

1994年6月ISO推出的VAN（Vehicle Area Network，车辆局域网）标准基于ISO 11519—3，是现场总线的一种，主要为法国汽车公司所用，由法国雷诺汽车公司和标致集团联合开发。VAN的通信介质简单，位传输速率可达1Mbit/s（40m内），主要用于车身控制。VAN支持分布式实时控制的通信网络，广泛应用于汽车门锁、电动车窗、空调、自动报警及娱乐控制等系统。VAN总线作为串行通信网络，与一般总线相比，其数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。

现在，主流的B类汽车网络协议是低速CAN。CAN总线是德国BOSCH公司于20世纪80年代初为解决现代汽车中众多的控制与测试仪器之间的数据交换而开发的一种串行数据通信协议。1991年，CAN总线首次应用在奔驰S系列汽车中。随着CAN在各种领域中的应

用和推广，人们对其通信格式的标准化提出了要求。为此，1991年德国BOSCH公司正式颁布了CAN技术规范（版本2.0）。该技术规范包括A、B两部分。此后，1993年11月，ISO正式颁布了控制器局域网（CAN）国际标准ISO 11898，为CAN的标准化、规范化铺平了道路。

CAN是一种多主总线，通信介质可以是双绞线、同轴电缆或光导纤维，通信速率可达1Mbit/s。CAN总线通信接口中集成了CAN协议的物理层和数据链路层功能，可完成对通信数据的成帧处理，包括位填充、数据块编码、循环冗余检验、优先级判别等工作。CAN协议的一个最大特点是废除了传统的站地址编码，而代之以对通信数据块进行编码，最多可标志2048（2.0A）个或5亿（2.0B）多个数据块。采用这种方法的优点是可使网络内的节点个数在理论上受限制，数据段长度最多为8个字节，不会占用总线时间过长，从而保证了通信的实时性。CAN协议采用CRC检验并可提供相应的错误处理功能，保证了数据通信的可靠性。

B类网络低速CAN采用的是ISO 11898国际标准，传输速率在100kbit/s左右。从1992年起，欧洲的各大汽车公司一直采用ISO 11898，所使用的传输速率范围在47.6～500kbit/s之间，并不统一。近年来，基于ISO 11519的容错CAN总线标准在欧洲的各种车型中也开始得到广泛的使用，ISO 11519—2的容错低速两线CAN总线接口标准在轿车中正在得到普遍的应用，它的物理层比ISO 11898要慢一些，同时成本也高一些，但是它的故障检测能力却非常突出。

目前，B类网络之间的竞争已初见端倪，低速CAN凭其优越的性能，已成为被全世界接受的B类网络主流协议。

1-24 什么是C类网络？ 典型的C类网络有哪些？

C类网络主要面向高速、实时闭环控制的多路传输网。由于高速总线系统主要用于与汽车安全相关，以及实时性要求比较高的地方，如牵引控制、发动机控制、ABS等，所以其传输速率比较高，通常在125kbit/s～1Mbit/s之间，支持实时的周期性的参数传输。

表1-12为典型的C类网络标准。

表1-12 典型的C类网络标准

协议名称	用户	主要使用场合	备注
高速CAN	GM、欧洲	实时控制场合	应用非常广泛
TTP/C	TTTech	实时控制场合	由维也纳工业大学开发
FlexRay	BMW、Motorola &Daimler Chrysler	实时控制场合	

C类网络中的主流协议包括高速CAN（ISO 11898—2）、正在发展中的TTP/C、FlexRay等协议。

TTP/C协议由维也纳工业大学开发，为时间触发类型的网络协议（时间触发系统和事件触发系统的区别：时间触发系统的控制信号起源于时间进程，而事件触发系统的控制信号起源于事件的发生，如一次中断）。该协议能够支持多种的容错策略，提供了容错的时间同

步以及广泛的错误检测机制，同时还提供了节点的恢复和再整合功能。

FlexRay 是 BWM、Daimler Chrysler、Motorola 和 Philips 等公司制订的功能强大的通信网络协议，具有容错功能及确定的通信消息传输时间，同时支持事件触发与时间触发通信，具备高速率通信能力。FlexRay 采用冗余备份的方法，对高速设备可采取点对点方式与 FlexRay 总线控制器连接，形成星形结构，对低速网络可采用类似 CAN 总线的方式连接。

目前常用的 C 类协议仍为高速 CAN 协议，即 ISO 11898—3，总线传输速率通常在125 ~ 1000kbit/s 之间。然而，作为一种事件驱动型总线，CAN 无法为下一代线控系统提供所需的容错功能或带宽，随着下一代汽车中引进 x – by – wire（线控技术）系统，由于其对实时性和可靠性要求大大提高，CAN 将不再能满足该类网络系统的要求，TTP/C 和 FlexRay 将显示出优势。

1-25　什么是 D 类网络？　典型的 D 类网络有哪些？

D 类网络正处于发展阶段。D 类网络主要面向多媒体、导航系统等，网络协议的位传输速率在 250kbit/s ~ 400Mbit/s 之间。为促进智能交通系统和车载多媒体系统的应用，有关方面已经制订了许多规范，智能数据总线 IDB 是其中一个重要内容。IDB 首次确定了汽车行业用于信息、通信和娱乐系统的接口标准，该标准支持即插即用，这样一来，普通电子产品可搭配所有汽车使用。目前 SAE 已将各种 IDB 设备分为三类：低速（IDB – C）、高速（IDB – M）和无线通信（IDB – Wireless）。

IDB – C 是一种主要用于娱乐和信息交换的车载网络，最近发展较快，估计今后数年可在一些车辆中得以配置。在理想状态下，IDB – C 不仅适合于远程信息处理，而且能当做一种通用的车载设备控制总线使用。由于它结合了 CAN 技术，而目前许多汽车生产商已将 CAN 网络产品应用于多种车载网络平台，因此 IDB – C 引起了极大的关注。由于其低成本的特性，IDB – C 有望在未来成为汽车多媒体类产品的规则之一。

IDB – M 包括 DDB、MOST、IDB1394 等传输速率较高的标准和协议。DDB 技术于 20 世纪 80 年代后期由 Philips、Sony、Matsushita 等公司共同开发，当时该技术主要用于家庭娱乐设备，以解决不同厂家产品的兼容性问题。由于 DDB 速度太慢，因而在 1998 年，Audi、BMW、Daimler Chrysler、Harman/Becker、Motorola、Oasis silicon Systems、Johnson Controls、Delphi Delco 等公司又联合开发了 MOST 协议。它是专门用于汽车工业的多媒体光纤网络标准，速率可达 50Mbit/s。MOST 网络不仅提供很高的速率和性能，而且成本相对较低。BWM 目前在业界率先采用了 MOST 协议，Audi、Daimler Chrysler 等欧洲汽车制造商均已经采用了该协议。

目前的 IDB – Wireless 主要是蓝牙技术，蓝牙技术是一种开放性的全球规范，和无线数据与语音通信有关，它可取代目前的电缆连接方式，以低成本的近距离无线连接为基础，使不同厂家生产的各种移动与便携设备能方便地实现相互操作和数据共享。

1-26　什么是 E 类网络？　典型的 E 类网络有哪些？

E 类网络主要是面向乘员的安全系统，主要应用于车辆被动安全领域。在 E 类网络的

应用场合中可能存在两条或多条总线。表1-13为几种E类网络标准。

表1-13　E类网络标准

协议名称	用户	备注
SafetyBus	Delphi	Delphi唯一使用
BOTE	Bosch－Temic	
Planet	Philips	
DSI	Motorola/AMP	
SI（Byteflight）	BMW	也称ISIS

其中，Byteflight是由BMW、Motorola、Elmos、Infineon等公司针对汽车主动安全性、被动安全性及车身电子系统制订的网络通信协议，该网络的物理介质为塑料光纤，可能的拓扑形式为星形、线形等。Byteflight可灵活利用带宽，既能满足某些消息需要时间触发，以保证确定延迟的要求，又能满足某些消息需要事件触发，需要中断处理的要求。该协议的数据传输速率最高可达10Mbit/s，净传输速率可达5Mbit/s，完全可以满足下一代汽车在安全性领域的要求。BMW在2001年9月推出的7系列车中采用13个节点构成Byteflight车辆被动安全性网络，称为ISIS（Intelligent Safety Integration System）。在ISIS中，传感器和微处理器分布在可能的碰撞地点，以尽可能快地检测到碰撞发生。此外，用高频率（4kHz）重复发送的传感器状态信号代替了传统的传感器开关量信号，使得判断是否发生碰撞的过程更加快速和准确，提高了安全气囊的可靠性。因此ISIS的性能超过了目前其他汽车上的被动安全性系统，Byteflight也因此在车辆被动安全性系统中显示出独特的优势。预计Byteflight将成为较有前途的一种E类网络协议。

1-27　什么是诊断系统总线？

排放诊断是现代汽车必不可少的一项功能，使用排放诊断的目的主要是为了满足OBD－Ⅱ（ON Board Diagnose）、OBD－Ⅲ或E－OBD（European－On Board Diagnose）标准。目前，许多汽车生产厂商都采用ISO 14230（Keyword Protocol 2000）作为诊断系统的通信标准，它满足OBD－Ⅱ和OBD－Ⅲ的要求。**在欧洲，以往诊断系统中使用的是ISO 9141，它是一种基于UART的诊断标准，满足OBD－Ⅱ的要求。美国的GM、Ford、DC公司广泛使用J1850（不含诊断协议）作为满足OBD－Ⅱ的诊断系统的通信标准。但随着CAN总线的广泛应用，美国三大汽车公司采用了基于CAN的J2480诊断系统通信标准，它满足OBD－Ⅲ的通信要求。从2000年开始，欧洲汽车厂商已经开始使用一种基于CAN总线的诊断系统通信标准ISO 15765，它满足E－OBD的系统要求。**

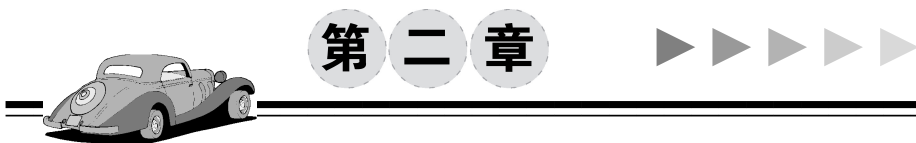
目前，汽车的故障诊断主要是通过一种专用的诊断通信系统来形成一套较为独立的诊断网络，ISCN 141和ISO 14230就是这类技术上较为成熟的诊断标准。而ISO 15765适用于将车用诊断系统在CAN总线上加以实现的场合，从而适应了现代汽车网络总线系统的发展趋势。ISO 15765的网络服务符合基于CAN的车用网络系统的要求，并不限于只用在这些国际标准所规定的场合，因而有广泛的应用前景。

采用CAN总线作为诊断总线后，就需要使用CAN专用诊断插头以连接车载网络系统。

目前除了 CAN 协议，LIN 协议也已经成为汽车诊断的总线标准。目前应用的主要诊断总线见表 1-14。

表 1-14 诊断系统总线

协议名称	用户	备注
ISO 9141	欧洲	满足 OBD－Ⅲ
ISO 14230	欧洲	满足 OBD－Ⅱ
J1850	GM、Ford、DC	满足 OBD－Ⅱ
J2480	GM、Ford、DC	基于 CAN，满足 OBD－Ⅲ
ISO 15765	欧洲	基于 CAN，满足 E－OBD



CAN 总线及其维修技能

2-28 什么是 CAN 总线?

CAN 是 Controller Area Network 的缩写，即控制器局域网络，其含义是控制单元（ECU）通过网络进行数据交换。CAN 总线是国际上应用最广泛的现场总线之一。

随着汽车工业以及自动化程度的发展，现代汽车中所使用的电子控制系统和通信系统越来越多，如发动机电控系统、自动变速器控制系统、防抱死制动系统（ABS）、自动巡航系统（ACC）和车载多媒体系统等。这些系统之间、系统和汽车的显示仪表之间、系统和汽车故障诊断系统之间均需要进行数据交换，如此巨大的数据交换量，如仍然采用传统数据交换的方法，即用导线进行点对点的连接传输方式将是难以想象的。因此，用串行数据传输系统取而代之就成为必然的选择。

20 世纪 80 年代初，为了解决现代汽车中众多的电子控制系统与汽车故障诊断系统之间的数据交换问题，德国 BOSCH 公司的工程人员开始研究用于汽车的串行数据通信系统。参加研究的还有 Mercedes – Benz 公司、Intel 公司和德国两所大学的教授。

1983 年初，Uwe Kiencke 开始研究一种新的串行总线，新总线的主要方向是增加新功能和减少导线，使其能够用于产品而非用于驱动技术。来自 Mercedes – Benz 的工程师较早制订了总线的状态说明，而 Intel 也准备作为半导体生产的主要厂商。当时聘请的顾问之一是来自于德国 Braunschweig – Wolfenbüttel 的 Applied Science 大学教授 Wolfhard Lawrenz 博士，给出了新网络方案的名字——Controller Area Network，简称 CAN。来自 Karlsruhe 大学的教授 Horst Wettstein 博士也提供了理论支持。

1986 年 2 月，CAN 总线诞生了。在底特律的汽车工程协会大会上，由 BOSCH 公司研究的新总线系统被称为汽车串行控制器局域网。Uwe Kiencke、Siegfried Dais 和 Martin Litschel 分别介绍了这种多主网络方案，此方案基于非破坏性的仲裁机制，能够确保高优先级报文的无延迟传输，并且不需要在总线上设置主控制器。此外，上述几位教授和 BOSCH 公司的 Wolfgang Borst、Wolfgang Botzenhard、Otto Karl、Helmut Schelling、Jan Unruh 也实现了数种在 CAN 中的错误检测机制，该错误检测也包括自动断开故障节点功能，以确保能继续进行剩余节点之间的通信。传输的报文并非根据报文发送器/接收器的节点地址识别而

是根据报文的内容识别。同时，用于识别报文的标志符也规定了该报文在系统中的优先级。

当关于这种革新的通信方案的大部分文字内容制订出来之后，1987 年中期，Intel 推出了第一种 CAN 控制芯片——82526，这是 CAN 方案首次通过硬件实现。随后，Philips 半导体推出了 82C200。这两种最先推出的 CAN 控制器在验收滤波和报文控制方面有许多不同。一方面，由 Intel 主推的 FullCAN 比由 Philips 主推的 BasicCAN 占用较少的 CPU 载荷；另一方面 FullCAN 器件所能接收的报文数目相对受到限制，BasicCAN 控制器仅需较少的硅晶体。从而形成了 BasicCAN 和 FullCAN 两大阵营。

1990 年初，BOSCH CAN 规范（CAN2.0 版）被提交给国际标准化组织。该技术包括 A、B 两部分。2.0A 给出了 CAN 报文标准格式，而 2.0B 给出了标准的和扩展的两种格式。在数次讨论之后，应一些主要的法国汽车厂商要求增加了 Vehicle Area Network（VAN）内容，并于 1993 年 11 月出版了 CAN 的国际标准 ISO 11898。ISO 11898 是通信速率为 125kbit/s ~ 1Mbit/s 的 CAN 高速通信标准。除了 CAN 协议外，它也规定了最高至 1Mbit/s 波特率时的物理层，同时在国际标准 ISO 11519—2 中也规定了 CAN 数据传输中的容错方法。ISO 11519 是通信速率在 125kbit/s 以下的 CAN 低速通信标准。**目前，汽车上的 CAN 网络均由 ISO 11898 和 ISO 11519 这两种通信速率不同的总线组成。**

从 1990 年中期起，Infineon 公司和 Motorola 公司向欧洲的客车厂商提供了大量的 CAN 控制器；1990 年后期起远东的半导体厂商也开始提供 CAN 控制器；从 1992 年起，Mercedes - Benz 奔驰开始在他们的高级客车中使用 CAN 技术，第一步使用控制单元通过 CAN 对发动机进行管理；第二步使用控制单元接收人们的操作信号。这就使用了两个物理上独立的 CAN 线系统，不同的 CAN 总线具有不同的数据传输速率，所以不同的 CAN 总线之间不能直接进行数据通信，于是采用了一个 CAN 总线网关控制器来进行协调。其他的客车厂商也纷纷赶来斯图加特学习，在他们的客车上也使用两套 CAN 总线系统。

1992 年，CIA（CAN In Automation）用户组织成立，之后制订了第一个 CAN 应用层 “CAL”。1994 年开始有了国际 CAN 学术年会（ICC）。

1994 年美国汽车工程师协会以 CAN 为基础制订了 SAE J1939 标准，用于货车和客车的控制和通信网络。

在欧洲，1999 年一年就有近 6 千万个 CAN 控制器投入使用，2000 年销售 1 亿多 CAN 的芯片，2001 年用在汽车上的 CAN 节点数目超过 1 亿个。

今天，轿车上 CAN 总线的应用已十分普遍。有报告指出，2004 年以来，新车型几乎 100% 使用 CAN 总线，所有车型平均使用率超过 90%。特别在欧洲. 尽管有多种新型车载网络开始进占信息娱乐和安全保障领域，但 CAN 仍可保留 88% 的市场份额。目前在国内，使用 CAN 总线的有一汽解放、二汽东风、济南重汽等货车，宇通、金龙、海格等客车，一汽大众、上海大众、上海通用、奇瑞、南汽、吉利、长安福特等轿车。**毫无疑问，CAN 将是今后很长一段时间内车载网络领域的主流协议标准。**

图 2-1 为 CAN 总线的结构示意图，多条 CAN 总线通过网关连接在一起，各条 CAN 总线下面还有 LIN、MOST、Flex - Ray、Safe - by - Wire 等子网或其他网络，这样就形成一个庞大的车载网络，并且可以不断地扩充和延伸。

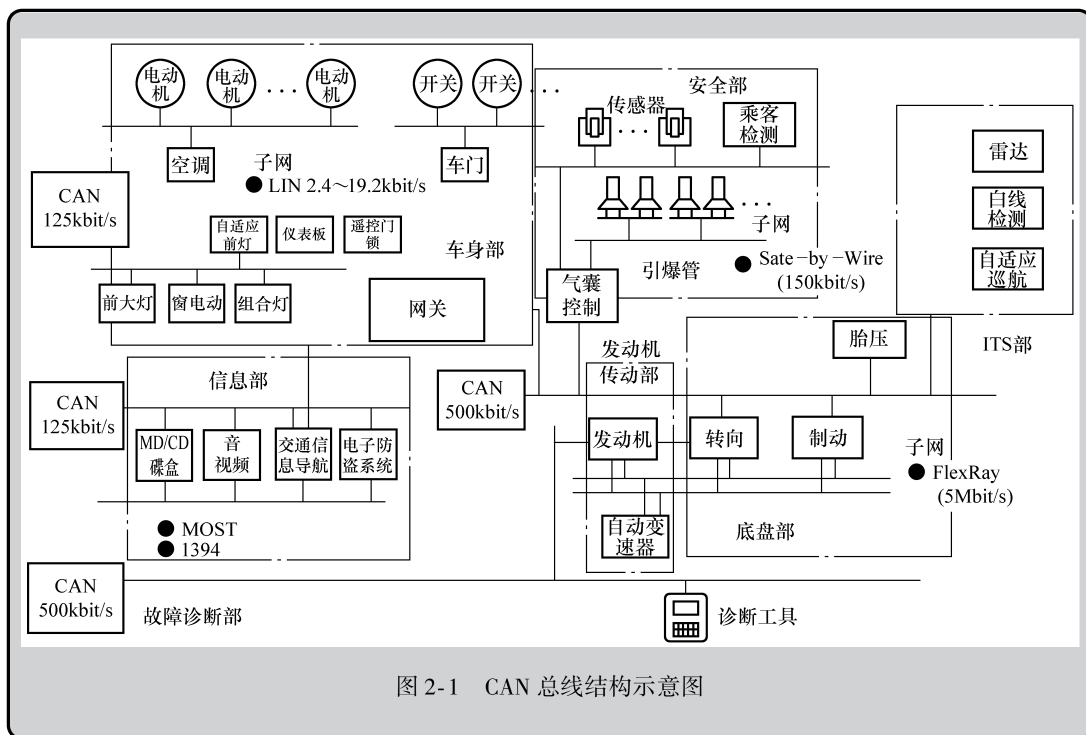


图 2-1　CAN 总线结构示意图

2-29　CAN 总线的主要特点有哪些？

CAN 总线的主要特点有：

(1) 国际标准　目前，在众多的现场总线标准中，CAN 是唯一被 ISO 认证（ISO 11898）批准为国际标准的现场总线，它已发展成为应用最广泛、支撑技术和元器件最丰富的现场总线标准之一。

(2) 多主方式　CAN 为多主方式工作，网络上任一节点（可理解为模块）均可在任一时刻主动地向网络上其他节点发送信息，而不分主从。

(3) 标志符报文　报文（Message）是网络中交换与传输的数据单元，即节点一次性要发送的数据块。为了解决 CAN 网络中多个节点在同一时刻向总线发送报文的先后顺序问题，通过在报文上加标志符，就可将 CAN 上的多个节点分成不同的优先级，满足不同的实时需要，优先级高的数据最多可在 134μs 内得到传输。

(4) 总线仲裁技术　当 CAN 网络中多个节点在同一时刻向总线发送报文产生冲突时，优先级较低的节点会主动地退出发送，而最高优先级的节点可不受影响地继续传输数据，从而大大节省了总线冲突仲裁时间。即使在网络负载很大的情况下，也不会出现网络瘫痪的情况。

(5) 数据传输方式　CAN 节点只需要通过对报文的标志符滤波即可实现点对点、一点对多点及全局广播等几种方式传送接收数据。

(6) 通信速率和距离　表 2-1 为 CAN 总线任意两节点之间的最大传输距离与通信速率

的关系，通信速率小于 5kbit/s 时，CAN 的直接通信距离最远可达 10km；CAN 的最高通信速率可达 1Mbit/s，此时通信距离最长为 40m。根据整个 CAN 网络的规模，可设定适合的通信速度。在同一 CAN 网络中，所有模块必须设定成统一的通信速度。即使有一个模块的通信速度与其他的不一样，此模块也会输出错误信号，妨碍整个 CAN 网络的通信。不同 CAN 网络间则可以有不同的通信速度。

表 2-1　CAN 总线任意两节点之间的最大传输距离

位速率/(kbit/s)	1000	500	250	125	100	50	20	10	5
最大距离/m	40	130	270	530	620	1300	3300	6700	10000

(7) 节点数　CAN 总线是可同时连接多个节点的总线，可连接的节点总数理论上是没有限制的，但实际上可连接的节点数受总线上的时间延迟及电气负载的限制。降低通信速度，可连接的节点数增加；提高通信速度，则可连接的节点数减少。CAN 总线上的节点数目前最多可达 110 个。

(8) 帧结构　在 CAN2.0B 的版本协议中有两种不同的帧格式，不同之处为标志符域的长度不同，含有 11 位标志符的帧称为标准帧，而含有 29 位标志符的帧称为扩展帧。CAN 的报文采用短帧结构，传输时间短，受干扰概率低，保证了数据出错率极低。

(9) 校验及检错　CAN 的每帧信息都有 CRC 校验及其他检错措施，具有极好的检错效果。CRC 即循环冗余校验码，是数据通信领域中最常用的一种差错校验码，其特征是信息字段和校验字段的长度可以任意选定。

(10) 通信介质　CAN 通信介质可为双绞线、同轴电缆或光纤，选择灵活。

(11) 故障封闭　CAN 可以判断出错误的类型是总线上暂时的数据错误（如外部噪声等）还是持续的数据错误（如模块内部故障、驱动器故障、断线等）。当总线上发生持续数据错误时，可将引起此故障的模块从总线上隔离出去。

2-30　CAN 总线的网络结构是怎样的?

如图 2-2 所示，**汽车上的 CAN 总线的基本网络结构为多主控系统，由多个主控模块一起组成网络，彼此之间没有从属关系，相互独立。CAN 网络上任一主控模块均可在任意时刻主动向网络发送信息，支持点对点、一点对多点和全局广播方式接收/发送数据。**

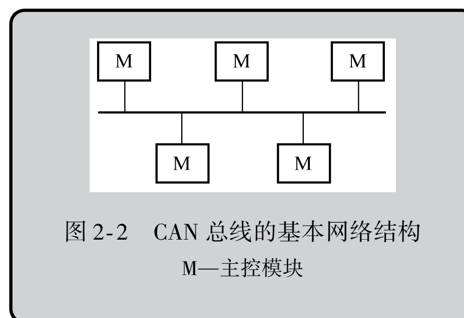


图 2-2　CAN 总线的基本网络结构
M—主控模块

图 2-3 为 CAN 总线的基本结构示意图，由多个模块组成网络，这些模块并联在 CAN 数据线上，因此各模块的条件是相同的。模块间的信息交换是按顺序连续完成的。原则上 CAN 总线用一根数据线就足以满足功能要求了，但系统还是配备了第二根数据线。在第二根数据线上，信号是按相反的顺序传送的，这样可有效抑制外部干扰。**在高速 CAN 总线系统中，各模块均与两根数据线并联，同时两根**

数据线被两个120Ω的终端电阻连成一个封闭的回路。在低速CAN总线系统中，各模块也均与两根数据线并联，但没有终端电阻。

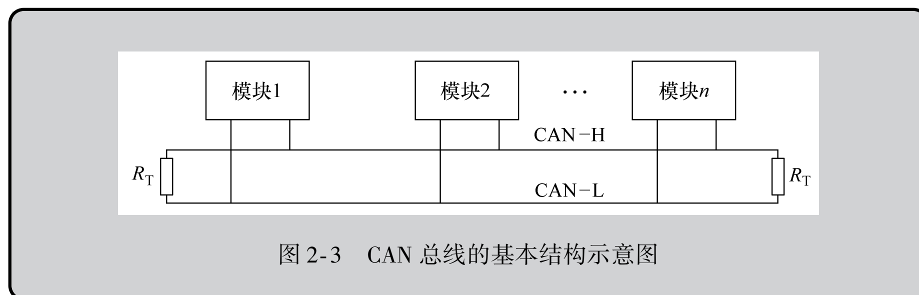


图2-3　CAN总线的基本结构示意图

图2-4为典型CAN总线结构，传输速率为500kbit/s的高速CAN主要面向实时性要求较高的控制单元，如发动机、ABS等；传输速率为125kbit/s的低速CAN主要面向信号多但实时性要求不高的控制单元，如车灯、车门、车窗等，其优点是成本较低；网关把高速CAN和低速CAN连接在一起，实现互通和信息共享。

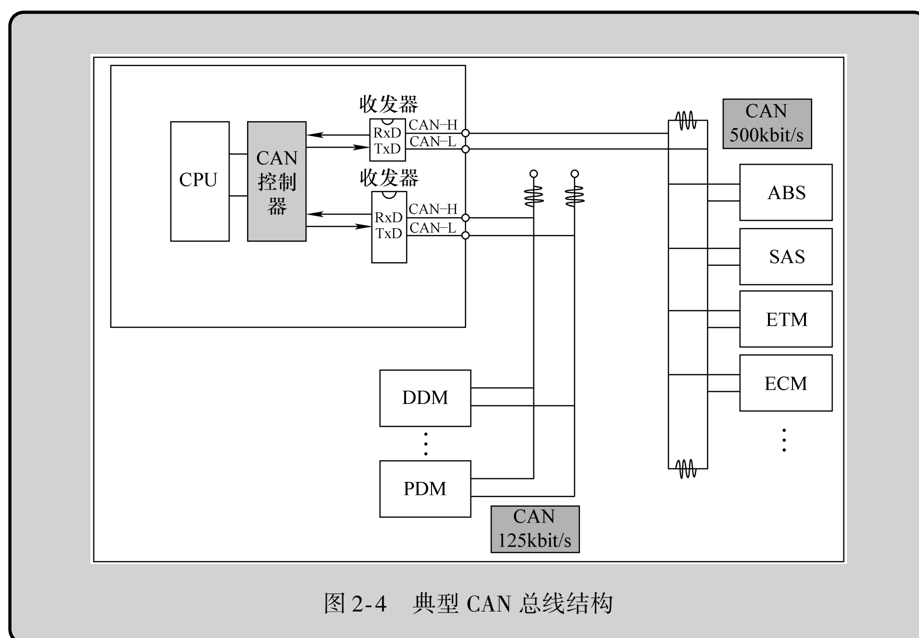


图2-4　典型CAN总线结构

2-31　CAN总线的传输介质是什么？

CAN总线的传输介质有双绞线和光纤，目前以双绞线为主。1993年颁布的国际标准ISO 11898对基于双绞线的CAN总线传输介质特性提出了建议：总线可具有两种逻辑状态，即隐性（逻辑“1”）或显性（逻辑“0”）。CAN总线双绞线传输的特点是技术上容易实现，造价低廉；理论上节点数无限制，对环境电磁辐射有一定抑制能力。但随着频率的提高，双绞线线对的衰减迅速增大；双绞线还有所谓近端串扰，即在“发送线对”和“接收线对”之间存在电磁耦合干扰。另外，双绞线的传输速率受距离限制比较大。这些缺陷使得CAN

总线不宜在强干扰、高速率、远距离的场合下使用双绞线作为传输介质。

CAN 总线采用双绞线自身校验的结构，既可以防止电磁干扰对传输信息的影响，也可以防止本身对外界的干扰。系统中采用 CAN－H 和 CAN－L 高、低电平两根数据线，控制器输出的信号同时向两根数据线发送，高、低电平互为镜像。并且每一个控制器都增加了终端电阻，以减少数据传送时的过调效应。如图 2-5 所示，为了清楚起见，CAN 数据线的原理图分别用单颜色来表示 CAN－H 线总是黄色，CAN－L 线总是绿色。

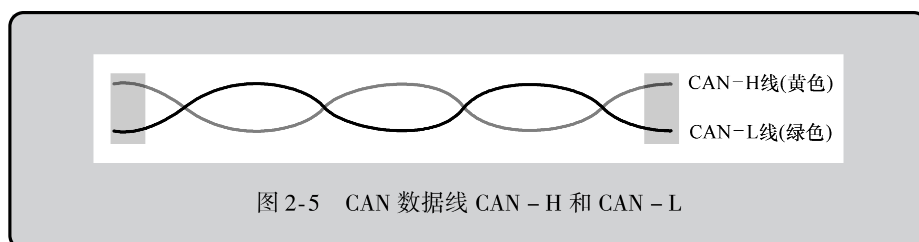


图 2-5　CAN 数据线 CAN－H 和 CAN－L

图 2-6 为双绞线防干扰示意图，当外界的电磁干扰同时作用于两条数据线 CAN－H 和 CAN－L 时，由于两条数据线产生的电磁波干扰可以相互抵消，起到了抗干扰作用。从图 2-7 中可清楚地看到这种抗干扰的效果。由于 CAN－H 线和 CAN－L 线是扭绞在一起的（双绞线），所以干扰脉冲 X 就总是有规律地作用在两条线上。由于差动信号放大器总是用 CAN－H 线上的电压（3.5V－X）减去 CAN－L 线上的电压（1.5V－X），即（3.5V－X）－（1.5V－X）=2V，因此在经过处理后，差动信号中就不再有干扰脉冲了。

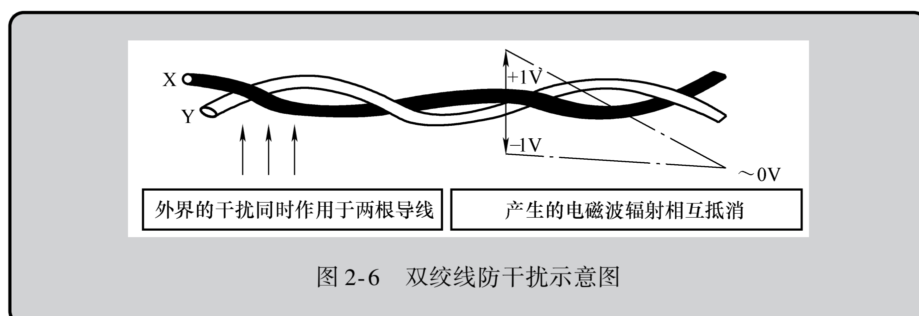


图 2-6　双绞线防干扰示意图

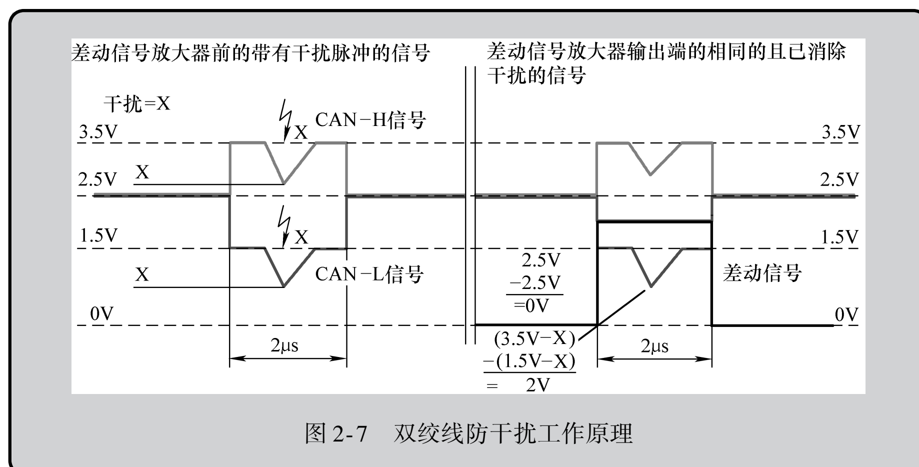


图 2-7　双绞线防干扰工作原理

图2-8为大众系列轿车上的动力CAN、舒适CAN和信息CAN数据线的实物，CAN数据线的基色为橙色。对于动力CAN数据总线来说，CAN－H线上还多加了黑色作为标志色；对于舒适CAN数据总线来说，CAN－H线上的标志色为绿色；对于信息CAN数据总线来说，CAN－H线上的标志色为紫色。CAN－L线的标志色都是棕色。

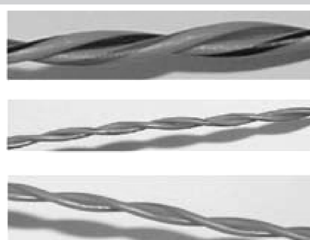


图2-8　几种CAN数据线的实物

2-32　CAN总线的节点结构是怎样的?

虽然CAN总线的每一个节点根据应用系统的任务有各自控制功能，但完成CAN总线信息交换的功能是相同的。如图2-9所示，**CAN总线的节点一般由控制单元、CAN控制器、CAN收发器三部分组成。**

CPU接收到的传感器值会被定期查询并按顺序存入输入存储器。处理后的结果存入输出存储器，然后传递给各个执行器。为了能够处理CAN信息，各CPU内还有一个CAN存储区，用于容纳接收到和要发送的信息。

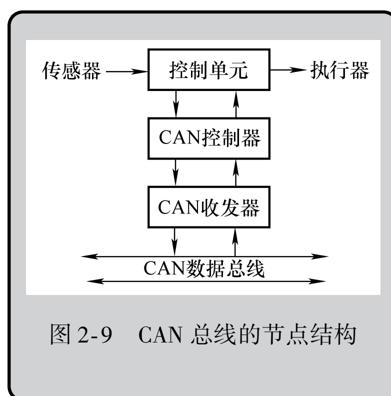


图2-9　CAN总线的节点结构

如图2-10所示，控制单元接收来自传感器的信号，将其处理后再发送到执行元件上。**控制单元由一个微处理器CPU、输入输出存储器以及程序存储器等组成。**控制单元接收到的传感器值（如发动机温度或转速）会被定期查询并按顺序存入输入存储器，这个过程在原理上就相当于一个带有旋转式输入选择开关的机械步进选择器。微处理器按事先规定好的程序来处理输入值，处理后的结果存入相应的输出存储器内，然后发送命令给各执行元件。为了能够处理CAN信息，各控制单元内还有一个CAN存储区，用于容纳接收到的和要发送的信息。

CAN控制器用于数据交换，它分为两个区：一个是接收区，一个是发送区。CAN控制器通过接收邮箱或发送邮箱与控制单元相连，它一般集成在控制单元的微处理器芯片内。

CAN收发器通过TX线（发送线）或RX线（接收线）与CAN控制器相连。收发器就是一个发送接收放大器，它把CAN控制器连续的比特流转换成电压值，或反之。RX线通过一个放大器直接与CAN总线相连，总在监听总线信号。

如图2-11左图所示，收发器的TX线发送信息是通过一个开关式晶体管电路来实现的。CAN总线数据线上会出现两种状态：当晶体管处于截止状态时（相当于图2-11b中的开关未

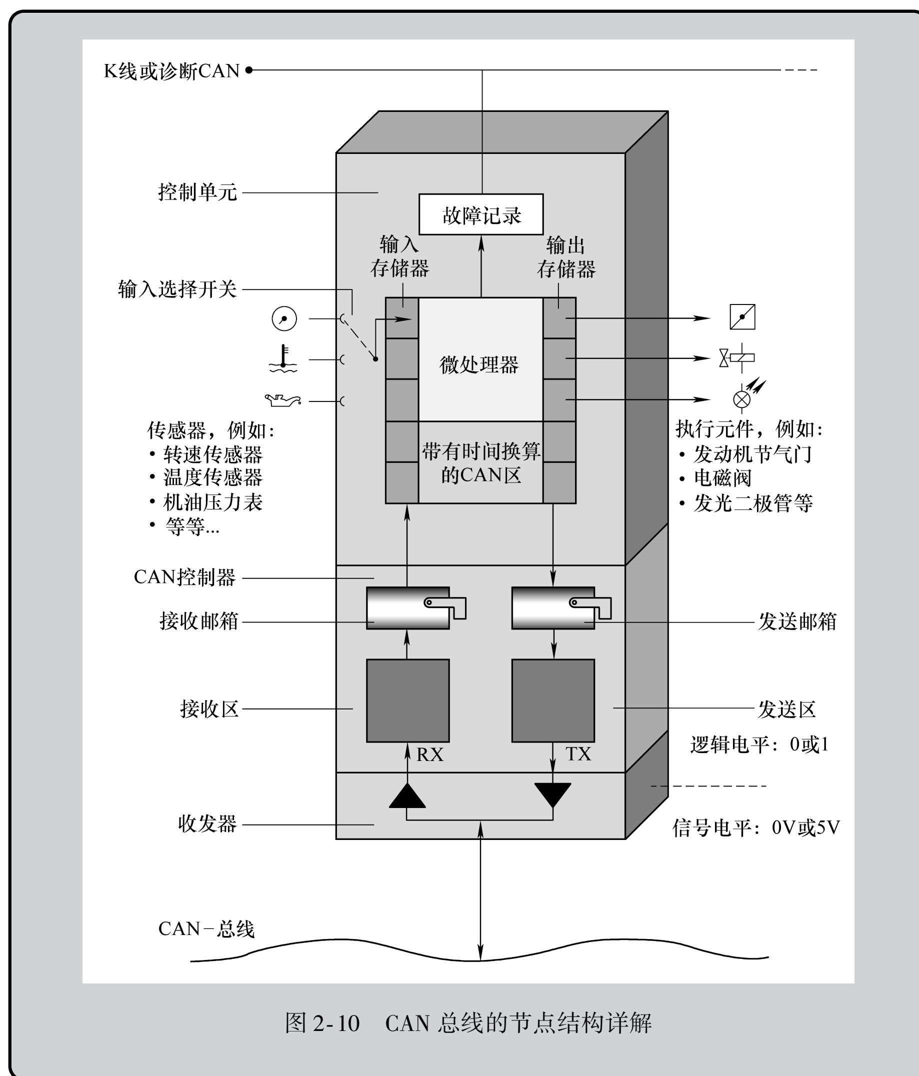


图 2-10 CAN 总线的节点结构详解

闭合)，总线电平为高电压，我们将其状态作为逻辑 1（无源)，称为隐性电平；当晶体管处于导通状态时（相当于图 2-11a 中的开关闭合)，总线电平为低电压，我们将其状态作为逻辑 0（有源)，称为显性电平。控制单元根据两条数据线上的电位差来判断总线电平。发送方通过使总线电平发生变化，将信息发送给接收方。

如图 2-12 所示，将三个收发器接到一根 CAN 总线数据线上，如果某一收发器的开关闭合，电阻上就有电流流过，于是总线数据线上的电压就为 0V，CAN 总线被激活，进行通信；如果所有收发器的开关均未接合，那么就没有电流流过，电阻上就没有电压降，于是总线数据线上的电压就为高电压 5V，CAN 总线处于未激活状态，未进行通信。因此，如果总线处于状态 1（无源)，那么此状态可以由某一个控制单元使用状态 0（有源）来改写。

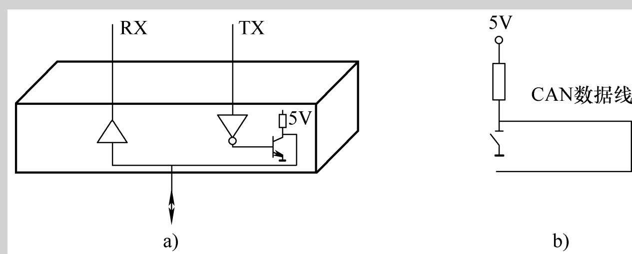
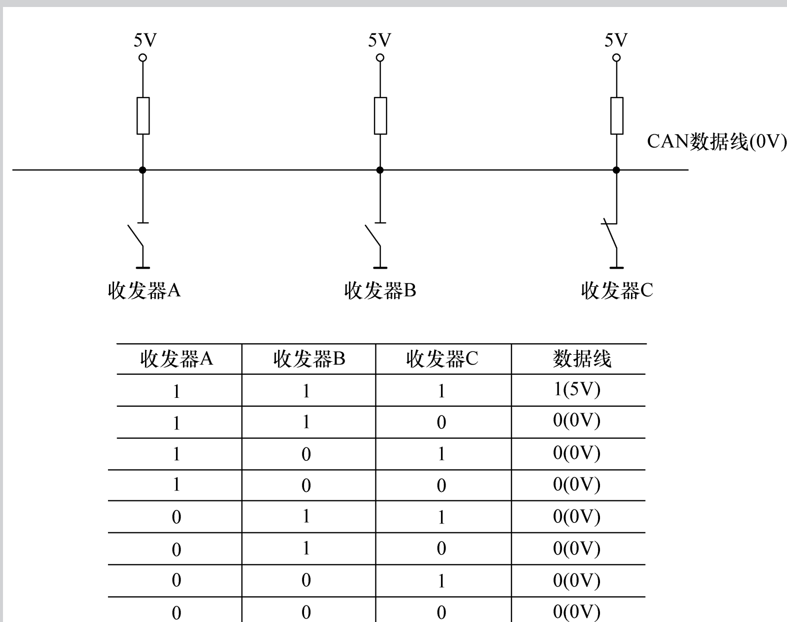


图 2-11　收发器工作原理



收发器A	收发器B	收发器C	数据线
1	1	1	1(5V)
1	1	0	0(0V)
1	0	1	0(0V)
1	0	0	0(0V)
0	1	1	0(0V)
0	1	0	0(0V)
0	0	1	0(0V)
0	0	0	0(0V)

图 2-12　收发器工作状态

2-33　CAN 总线的数据值是如何表示的?

图 2-13 为低速 CAN 的网络信号图，V_{CAN-H}和 V_{CAN-L}为 CAN 收发器与两条数据线之间的接口引脚电压。总线信号是以两条数据线之间的“差分”电压（V_{diff}）形式出现的。在隐性状态，V_{CAN-H}和 V_{CAN-L}被固定在平均电压电平附近，V_{diff}近似为 0V，用“逻辑值”表示为“1”；在显性状态，V_{diff}近似为 5V，用“逻辑值”表示为“0”。V_{CAN-H}和 V_{CAN-L}的差值小于 0.5V 时，认为总线是隐性状态，如果差值大于 0.9V，认为总线是显性状态。

当 CAN 发送器打开，低速 CAN 总线信号电压大约为 5V，高速 CAN 总线电压大约为 2.5V 时，控制单元识别为数值 1 的状态（见图 2-14）。当 CAN 发送器关闭接地，数据线同样接地，低速或高速 CAN 总线信号电压大约为 0V 时，控制单元识别为数值 0 的状态（见

图 2-15）。数值 1 或 0 作为数据的最小单位，被称为比特。CAN 总线上传输的数据，就是一长串比特。

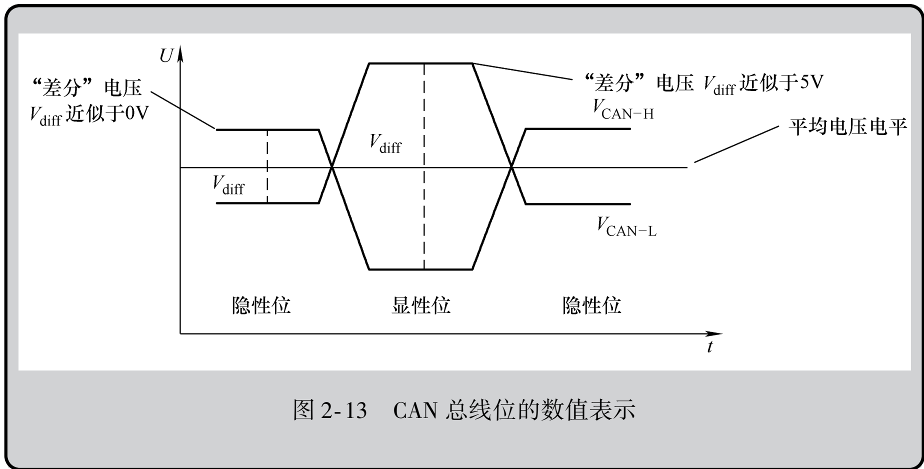


图 2-13　CAN 总线位的数值表示

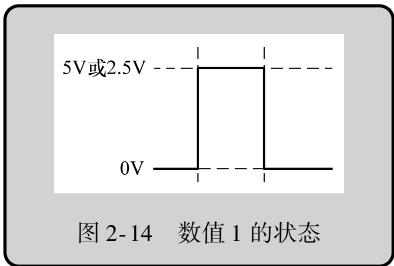


图 2-14　数值 1 的状态

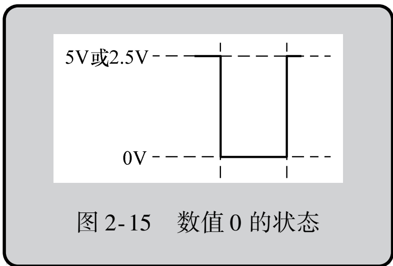


图 2-15　数值 0 的状态

如图 2-16 所示，中控锁开关信息状态信号由两个比特组成，就有四种可能的组合方式，可以用来表示四条不同状态的信息，发往各控制单元。随着比特数的增加，其组合方式以 2 的 *N* 次方的数量增加，所传输的信息量也越大。

如图 2-17 所示，温度信息由 8 个比特组成，其组合方式有 256 种，所能传输的温度信息有 256 种，从 0～127. 5℃的温度信息可以以 0. 5℃的变化进行传输。

2bit信息
例如：中控锁开关信息状态

信号值	信息内容
00	开锁
01	安全锁
10	锁车
11	非安全锁

图 2-16　两个比特的组合

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	value
128	64	32	16	8	4	2	1	温度值
0	0	0	0	0	0	0	0	0℃
0	0	0	0	0	0	0	0	0.5℃
0	0	0	0	0	0	1	0	1℃
…	…	…	…	…	…	…	…	…
1	0	0	0	1	0	1	0	69℃
…	…	…	…	…	…	…	…	…
1	1	1	1	1	1	1	1	127.5℃

图2-17　温度信息

2-34　什么是CAN总线的终端电阻?

从电气角度来看，一根载流导体始终具有欧姆电阻、电感电阻和电容电阻。从一个节点向另一个节点传输数据时，这些电阻的总电阻值会对数据传输产生影响。传输频率越高，电感电阻和电容电阻产生的影响就越大。这样，传输数据线末端可能会接收到一个无法识别的信号。因此，要通过终端电阻对数据线进行“适配”，以便保持原有信号。

电感电阻通过导线的线圈效应等产生，电容电阻通过与车身并联布线等产生。在一个总线系统上使用的终端电阻，通常由下列参数决定：

1）总线系统的数据传输频率。

2）传输路径上的电感或电容负荷。

3）进行数据传输的电缆长度。

终端电阻用于确保CAN总线系统内准确的信号流。如图2-18所示，这些终端电阻装在CAN总线系统的各个模块内。

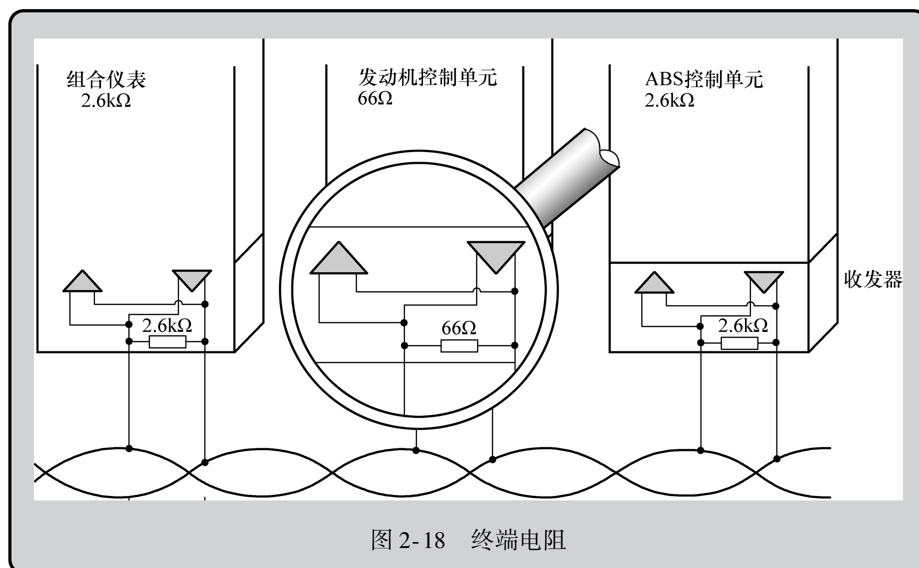


图2-18　终端电阻

2-35　CAN 总线传输的数据帧是怎样组成的?

如图 2-19 所示，CAN 总线传输的数据帧由 7 个部分组成：

(1) 开始域　标志着数据帧开始。带有大约 5V 或 2.5V 电压（由系统决定的 1 位，被送入 CAN－H 线，带有大约 0V 电压的 1 位被送入 CAN－L 线。

(2) 状态域　判定数据中的优先权。如果两个控制单元都要同时发送各自的数据，那么，具有较高优先权的控制单元优先发送。

(3) 检查域　指示数据域里的字节数量。

(4) 数据域　真正给出所要传递的数据，发送到 CAN 总线中供所需控制单元使用。

(5) 安全域：检测传递数据中的错误。

(6) 确认域：在此，接收器发信号通知发送器，接收器已经正确收到数据。若检查到错误，接收器立即通知发送器，发送器然后再发送一次数据。

(7) 结束域：标志数据报告结束。

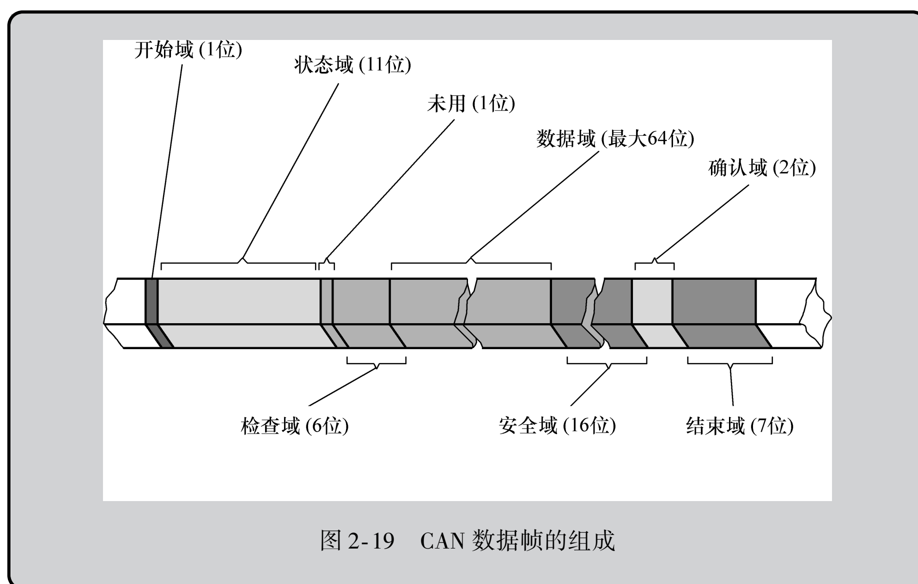


图 2-19　CAN 数据帧的组成

2-36　CAN 总线数据传输的优先级别是怎样规定的?

因为 CAN 总线采用串行数据传输方式，如果有多个模块同时需要发出信号，那么在总线上一定会发生数据冲突。每一条数据帧都有它的优先级。当有多个模块试图发送信息时，它们自己的接收器为信息优先级进行仲裁，当其他模块发送的信息优先级高于自己控制器发送信息时，通知自己发送器停止发送，整个控制器进入接收状态。

如图 2-20 所示，在 A、B、C 三个模块同时发送的数据帧中有 11 位的状态域，这 11 位二进制中前 7 位既是发送信息的控制器标志符，同时又表示了它的优先级，即从前往后数，前面的零越多，优先级越高。而后 4 位则是这个控制器发送不同信息的编号，如发动机模块

既要发送转速信号，又要发送水温等信号，则后 4 位就有所不同。

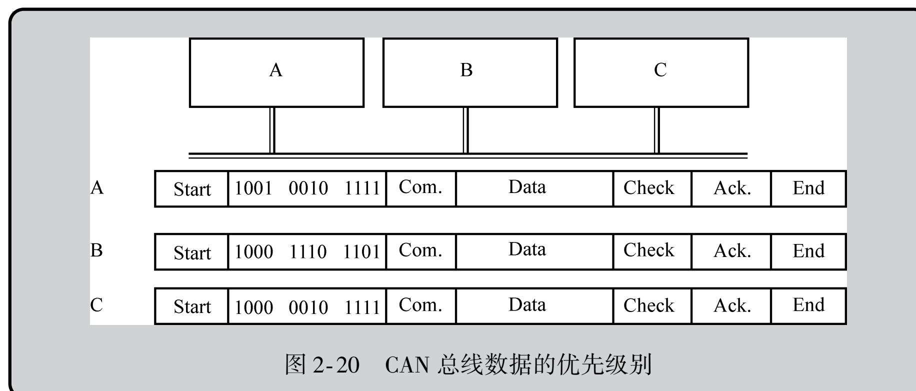


图 2-20　CAN 总线数据的优先级别

如图 2-21 所示，由于模块 A 的状态域在比较中先出现了 1，模块 A 先退出。

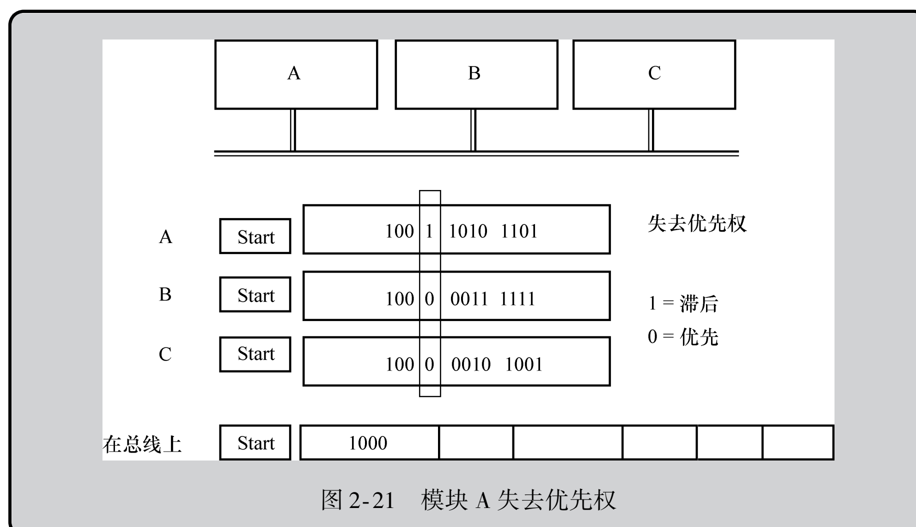


图 2-21　模块 A 失去优先权

如图 2-22 所示，由于模块 B 的状态域在继续比较中先出现了 1，模块 B 先退出。

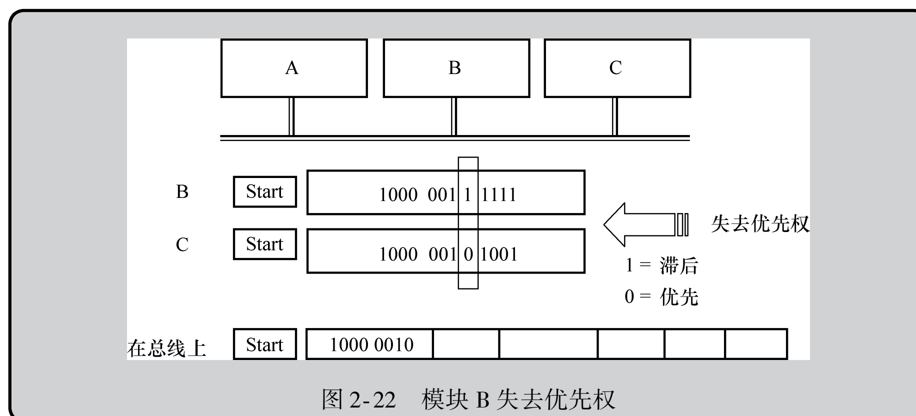


图 2-22　模块 B 失去优先权

如图 2-23 所示，经过比较，模块 C 有更高的优先权，其数据帧先首先在网络上传输，

模块 A 和 B 将在稍后传输。

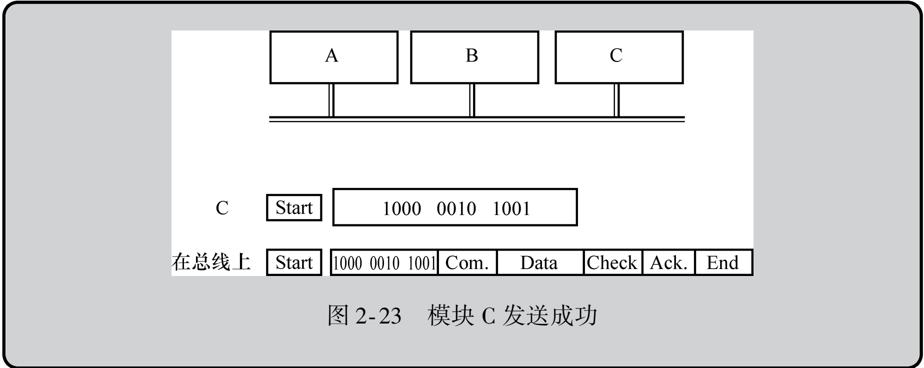


图 2-23　模块 C 发送成功

21-37　CAN 总线数据的发送是如何实现的?

以发动机瞬时转速值发送到组合仪表上显示为例，如图 2-24 所示。**首先，发动机转速传感器将转速信号以一定的周期发送到微处理器的输入存储器内。由于瞬时转速值还用于其他控制单元如组合仪表，所以该值应通过 CAN 总线来传输。于是瞬时转速值就被复制到发动机控制单元的发送存储器内。该信息从发送存储器进入 CAN 控制器的发送邮箱内。如果发送邮箱内有一个实时值，那么该值会由发送特征位（图 2-24 中举起的小旗）显示出来。将发送任务委托给 CAN 控制器，发动机控制单元就完成了此过程中的任务。**

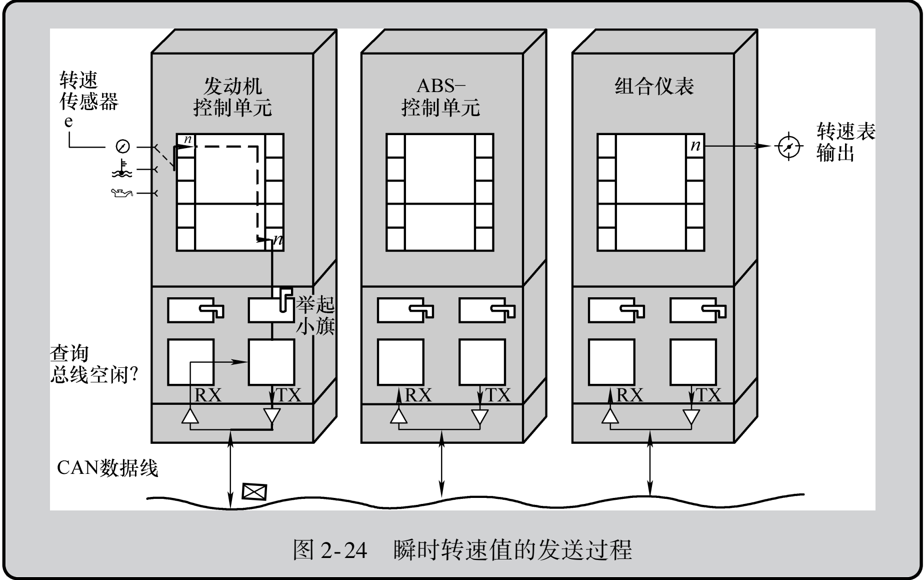


图 2-24　瞬时转速值的发送过程

如图 2-25 所示，CAN 控制器通过 RX 线来检查总线是否有源（即是否正在交换别的信息），必要时会等待，直至总线空闲下来为止。如果总线空闲下来（某一时间段内的电平为 1，即无源），发动机转速信息就会被发送出去。

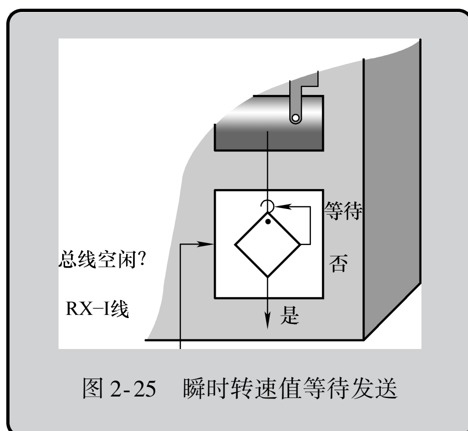


图 2-25　瞬时转速值等待发送

2-38　CAN 总线数据的接收是如何实现的?

CAN 总线数据的接收过程分两步（见图 2-26）：第一步在监控层检查信息是否正确；第二步在接收层检查信息是否可用。

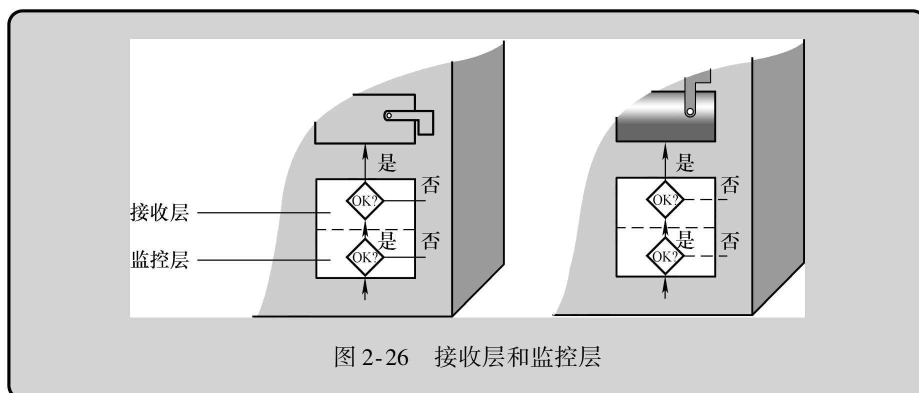


图 2-26　接收层和监控层

以组合仪表接收发动机瞬时转速值为例。如图 2-27 所示，**CAN 总线连接的所有控制单元都接收发动机控制单元发送的信息，该信息通过 RX 线到达各自 CAN 控制器的接收区。各接收器接收发动机转速信息，并且在相应的监控层检查这些信息是否正确。这样就可以识别出只在某种情况下某一控制单元上出现的局部故障。在发送每个信息时，所有数据位会产生并传递一个 16 位的校验和数。接收器按同样的规则从所有已经接收到的数据位中计算出校验和数。随后接收到的校验和数与计算出的校验和数进行比较。如果确定无传递错误，那么 CAN 总线连接的所有控制单元会给发送器一个确认回答，这个回答就是所谓的“信息收到符号”（Ack），它位于校验和数后。**

然后已接收到的正确信息会到达相关 CAN 控制器的接收区，在那里来决定该信息是否用于完成各控制单元的功能。如果不是，该信息就被拒收；如果是，该信息就会进入相应的接收邮箱。与 CAN 总线连接的组合仪表根据升起的“接收小旗”就会知道：现在有一个瞬时发动机转速信息在排队等待处理。组合仪表调出该信息并将相应的值复制到它的输入存储

器内。于是通过 CAN 控制器发送和接收信息的过程就结束了。

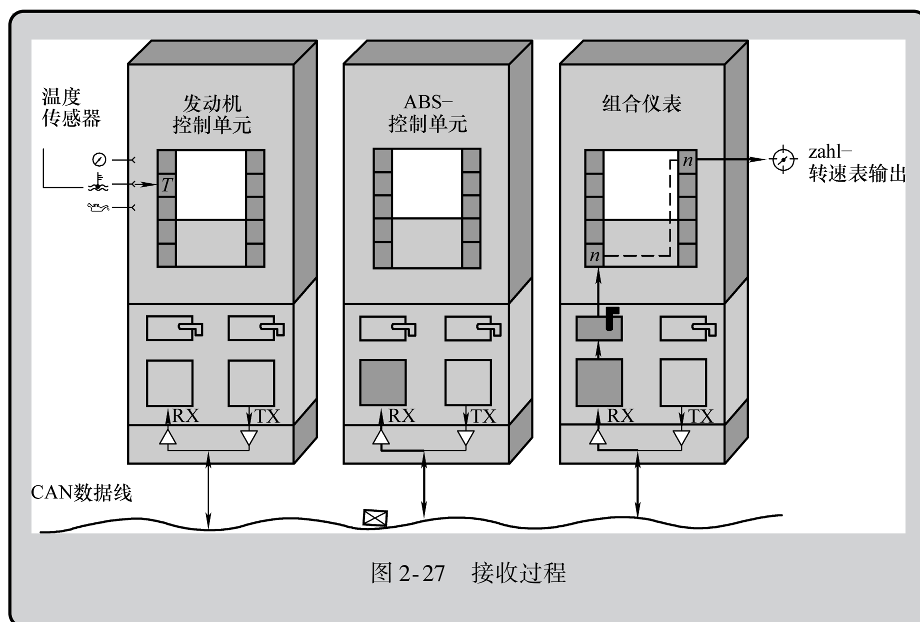


图 2-27　接收过程

接下去，在组合仪表内，发动机转速经微处理器处理后到达执行元件并最后到达转速表。这个信息交换过程按设定好的循环时间（如每 10ms）在持续地重复进行。发动机转速就可用转速表实时显示出来。

2-39　CAN 总线的数据传输过程是怎样的?

如图 2-28 所示，CAN 总线的数据传输原理在很大程度上类似于电话会议的方式。一个用户（控制单元）向网络中“说出”数据，而其他用户“收听”到这些数据。一些控制单元认为这些数据对它有用，它就接收并且应用这些数据，而其他控制单元也许不会理会这些数据。因此数据总线里的数据并没有指定的接收者，而是被所有的控制单元接收及计算。

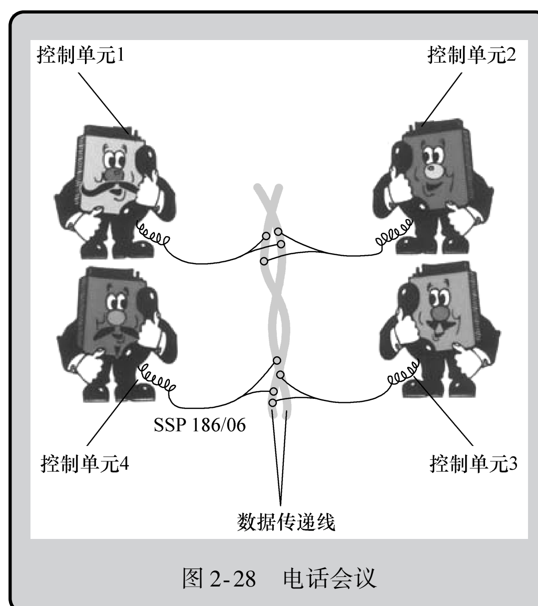


图 2-28　电话会议

如图 2-29 所示，每条数据的传递包括以下 5 个过程：

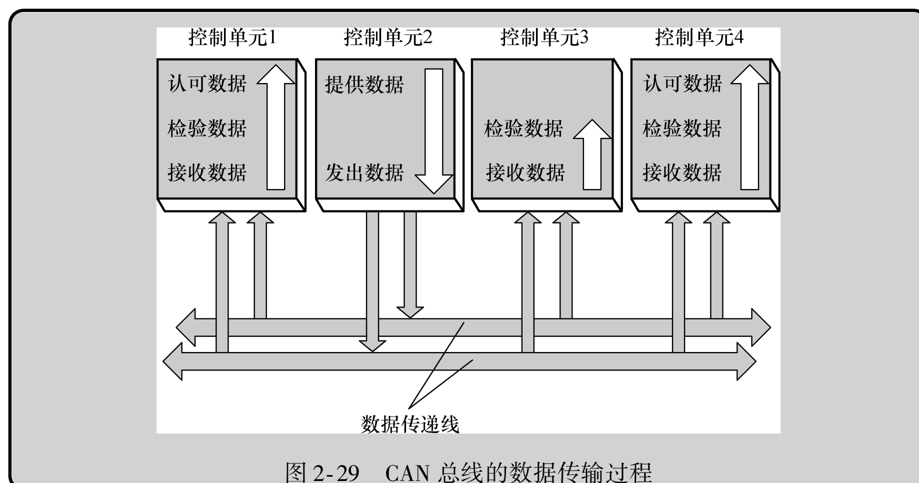


图 2-29　CAN 总线的数据传输过程

（1）提供数据　控制单元向 CAN 控制器提供数据用于传输。

（2）发出数据　CAN 收发器从 CAN 控制器处接收数据，将其转化为电信号发出。这些数据以数据列的形式进行传输，数据列是由一长串二进制（高电平与低电平）数字组成的。

（3）接收数据　所有与 CAN 数据总线一起构成网络的控制单元成为接收器。

（4）检查数据　控制单元对接收到的数据进行检查，看是否是其功能所需。

（5）认可数据　如果所接收的数据是重要的，它将被认可及处理，反之将被忽略。

2-40　高速 CAN 总线有何特点?

图 2-30 为高速 CAN 电路简图及信号图，常用于驱动系统。驱动系统的主要连接对象是

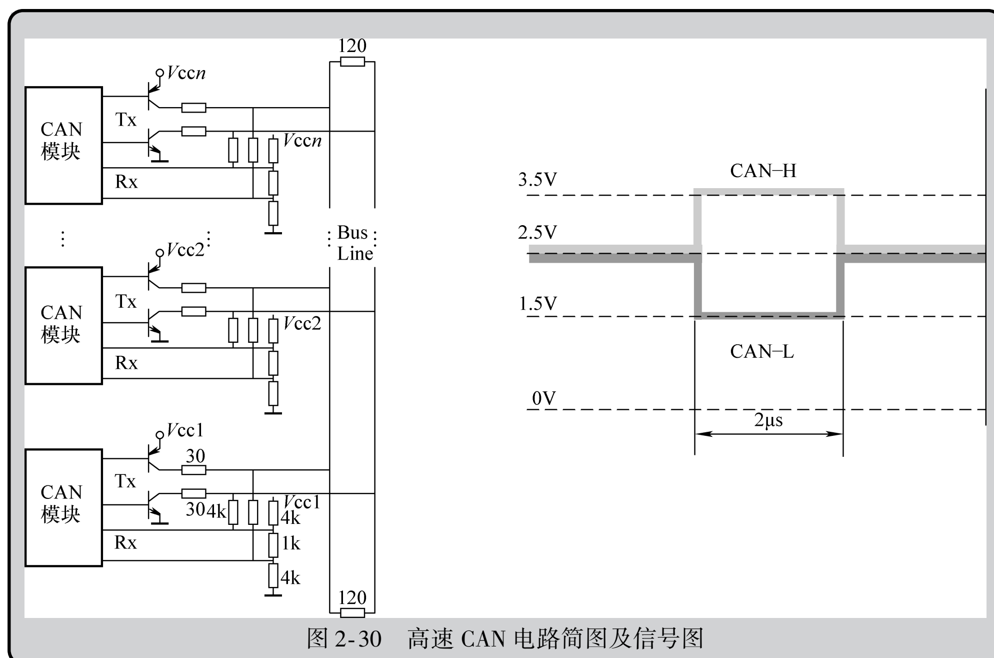


图 2-30　高速 CAN 电路简图及信号图

发动机控制单元、ABS/ASR/ESP 控制单元、自动变速器控制单元等，它们的基本特征相同，都是控制与汽车行驶直接相关的系统。**高速 CAN 总线速率是所有 CAN 总线中最高的，达到 500kbit/s。它采用终端电阻结构，其中心电阻为 66Ω，并且 CAN-H 线和 CAN-L 线为环状结构，即任一根数据线断路，则 CAN 总线无法工作。从其信号图可知，CAN-H 线的高电平为 3.5V，低电平为 2.5V；CAN-L 线的高电平为 2.5V，低电平为 1.5V。两者互为镜像。**CAN-H线为 3.5V，CAN-L 线为 1.5V 时，逻辑值为 1；CAN-H 线为 2.5V，CAN-L线为 2.5V 时，逻辑值为 0。

2-41 低速 CAN 总线有何特点?

图 2-31 为低速 CAN 电路简图及信号图，常用于舒适性系统、车身系统等。**低速 CAN 总线速率达到 100kbit/s，没有终端电阻，且 CAN-H 线和 CAN-L 线分离，即任一根数据线断路，CAN 总线工作不受影响。信号图与高速 CAN 有很大区别，CAN-H 线的高电平为 3.6V，低电平为 0V；CAN-L 线的高电平为 5V，低电平为 1.4V。两者互为镜像。**CAN-H线为 3.6V，CAN-L 线为 1.4V 时，逻辑值为 1；CAN-H 线为 0V，CAN-L 线为 5V 时，逻辑值为 0。

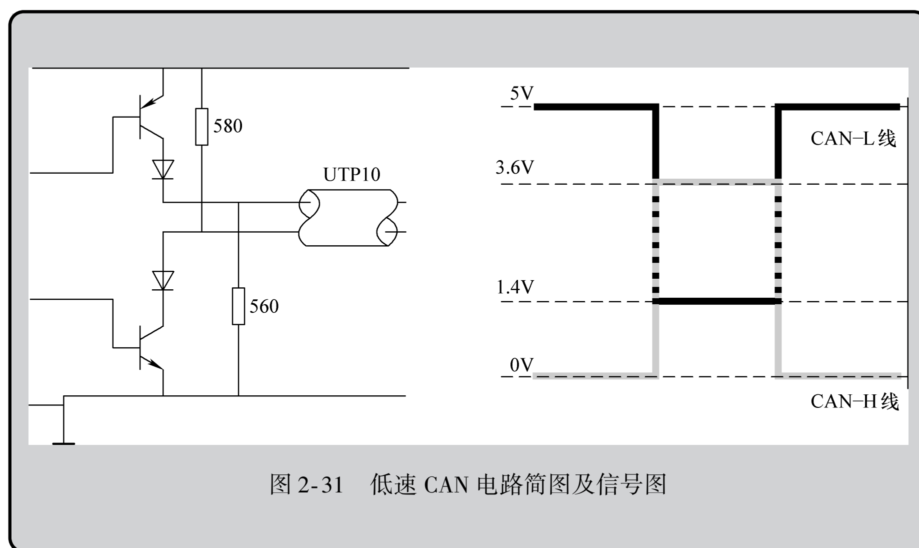


图 2-31 低速 CAN 电路简图及信号图

2-42 诊断 CAN 总线有何特点?

2000 年以前，轿车上普遍采用 K 诊断导线（简称 K 线）传输故障信息。K 线用于汽车故障诊断仪与相应控制单元之间的信息交换，负责网关与故障诊断接口之间的通信（见图 2-32）。

2000 年后，诊断导线（K 线或 L 线）就不再使用了（与废气排放监控相关的控制单元除外），由诊断 CAN 总线取而代之，我们称为虚拟 K 线。通过诊断 CAN 总线完成诊断控制单元和车上其他控制单元之间的数据交换。**诊断 CAN 总线也是未屏蔽的双绞线。在全双工**

模式时，数据传输速率为 500kbit/s。也就是说，诊断 CAN 总线可以双向同时传输数据。

如图 2-33 所示，各个控制单元的诊断数据经各自的数据总线传输到网关 J519 或 J533，再由网关利用诊断 CAN 总线传输到故障诊断接口。通过诊断 CAN 总线和网关的快速数据传输，汽车故障诊断仪就可在连接到车上后快速显示出车上所装元件及其故障状态。

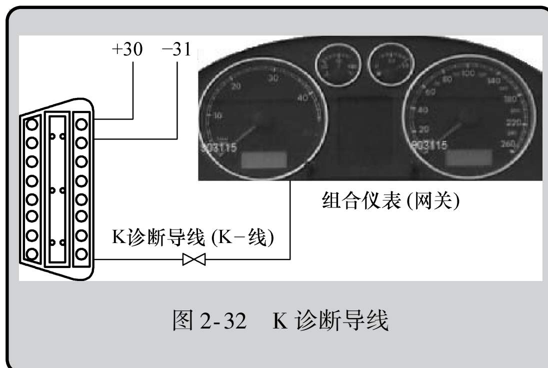


图 2-32 K 诊断导线

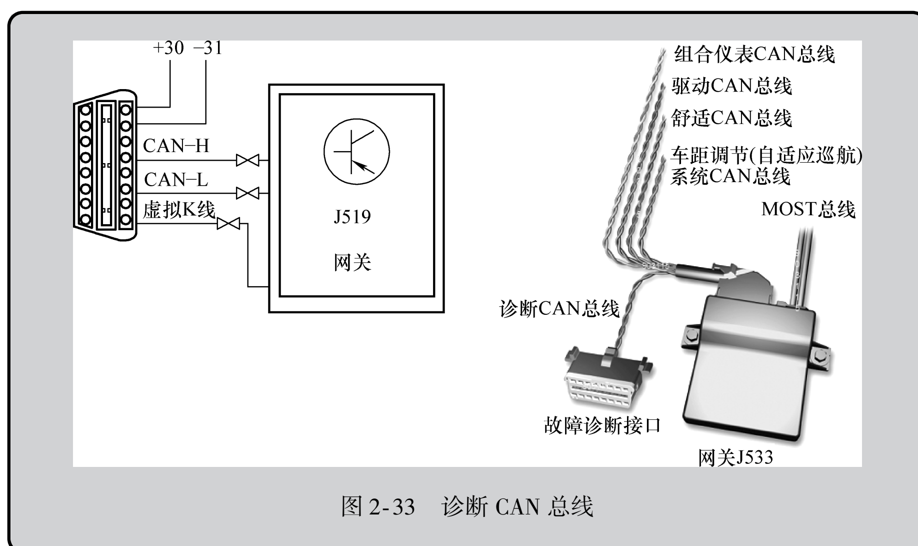


图 2-33 诊断 CAN 总线

诊断 CAN 总线取代诊断导线（K 线或 L 线）之后，对车上的故障诊断接口也做了改进。图 2-34 为新型诊断接口的引脚布置。图 2-35 所示是与诊断 CAN 总线匹配的新的诊断连接导线。新型诊断线能够适用于旧型诊断接口。



图 2-34 新型诊断接口


图 2-35 与诊断 CAN 总线匹配的新的诊断连接导线

图 2-36 为大众汽车故障诊断仪 VAS5051 与故障诊断接口的连接示意图，从中既可以看出诊断连接导线的作用（用于连接新型诊断接口和汽车故障诊断仪），又可以看出故障信息的传输过程。

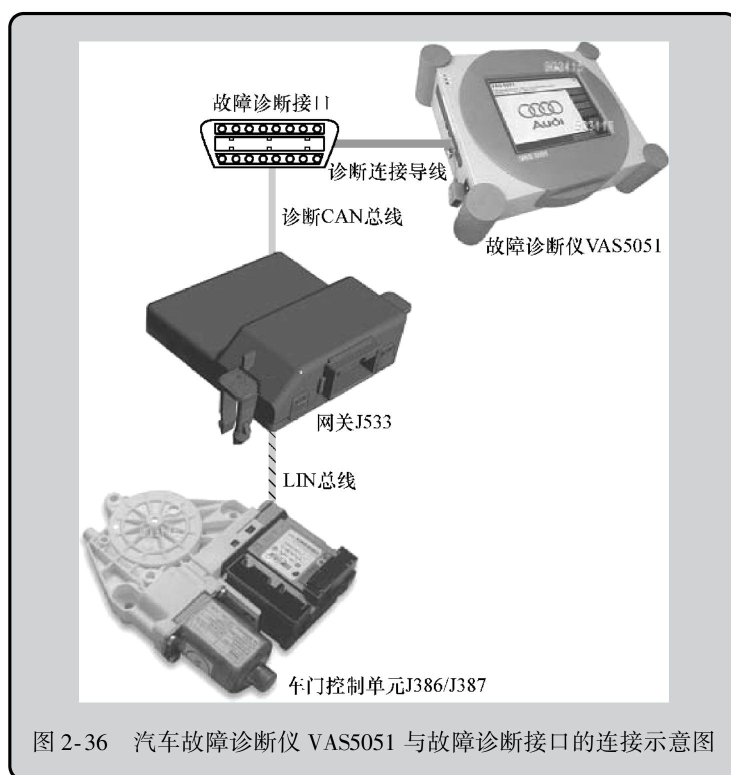


图 2-36 汽车故障诊断仪 VAS5051 与故障诊断接口的连接示意图

2-43 CAN 总线的网关有何特点?

当车辆上存在多条高速或低速 CAN 总线时，由于不同区域 CAN 总线的速率和识别代号不同，一个信号要从一个总线进入到另一个总线区域，必须对它的识别信号和速率进行改变，能够让另一个系统接收，这个任务由网关（Gateway）来完成。如图 2-37 所示，如果把 CAN 舒适系统总线看成一列火车，CAN 驱动系统总线看成一列快车，其互相传输的信息看成旅客，则旅客要想换乘动车或快车，均需经过站台，这里的“站台”就是网关。

另外，网关还具有改变信息优先级的功能。如车辆发生相撞事故，气囊控制单元会发出负加速度传感器的信号，这个信号的优先级在驱动系统非常高，但转到舒适系统后，网关调低了它的优先级，因为它在舒适系统功能中只是打开门和灯。

因此，网关的作用就是将不同的总线连接在一起，同时使互相传输信息成为可能。**网关的类型有集成在组合仪表或控制单元内部的（见图 2-38），也有单独安装在仪表板左下方或加速踏板上方的（见图 2-39）。**

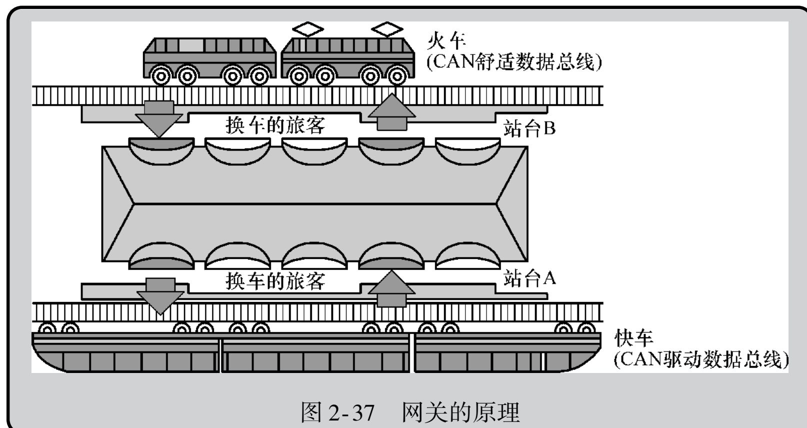


图 2-37　网关的原理

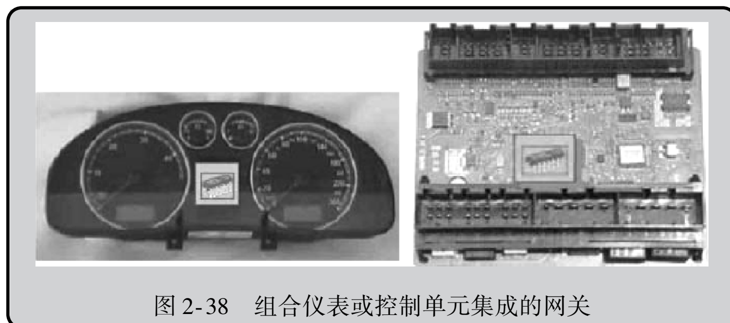


图 2-38　组合仪表或控制单元集成的网关

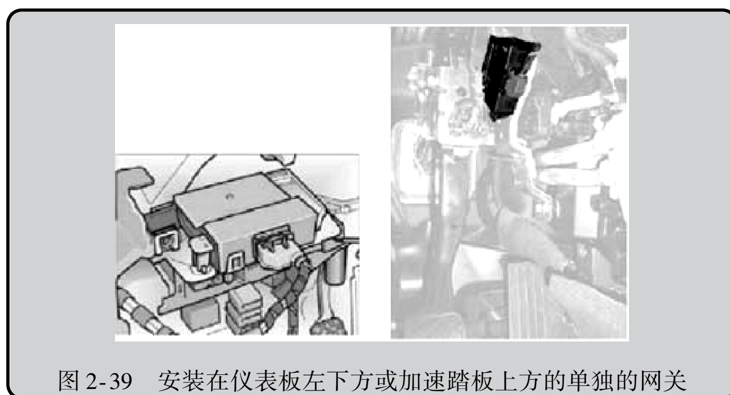


图 2-39　安装在仪表板左下方或加速踏板上方的单独的网关

2-44　高速 CAN 总线的容错功能为何无法实现?

如图 2-40 所示，高速 CAN 总线的收发器的接收端口装有一个差动放大器，控制单元通过收发器与高速 CAN 数据线连接。差动放大器用来处理 CAN – H 线和 CAN – L 线的输入信号，同时将这些处理后的信号传送到控制单元的 CAN 接收区，这些处理后的信号被称为差动放大器的输出电压。如图 2-41 所示，通过将 CAN – H 线电压值与 CAN – L 线电压值相减，差动放大器得到输出电压。

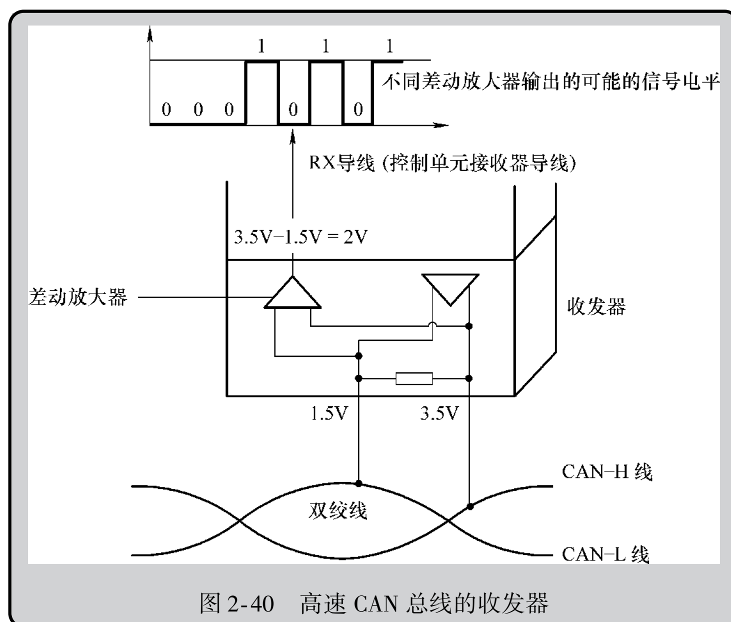


图 2-40　高速 CAN 总线的收发器

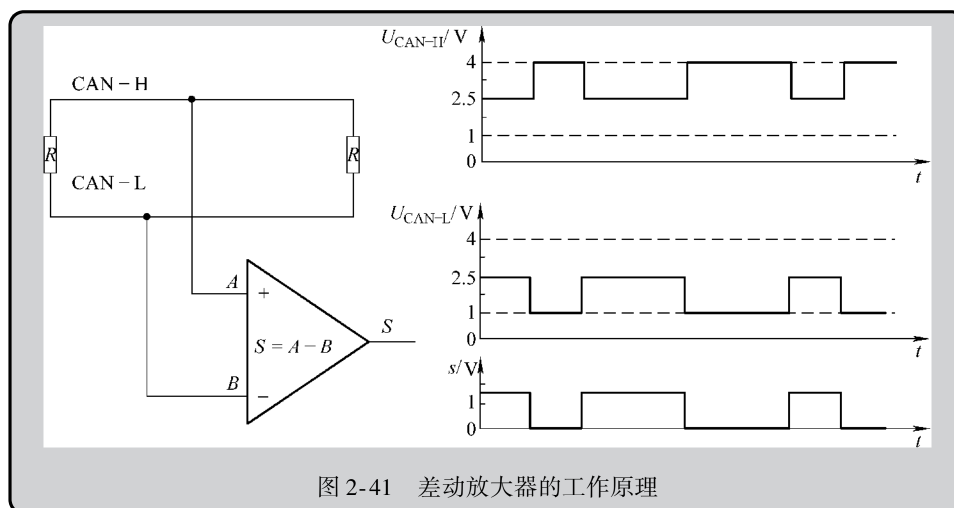


图 2-41　差动放大器的工作原理

图 2-42 所示为当高速 CAN 总线正常接收数据信息的状态。如图 2-43、图 2-44 所示，**当数据线 CAN − H 或 CAN − L 断路时，差动放大器输出电压为 0，高速 CAN 总线无法正常接收数据信息。同理，当 CAN − H 线或 CAN − L 线出现接地短路、电源短路等故障时，高速 CAN 总线无法正常工作，即无容错功能。**

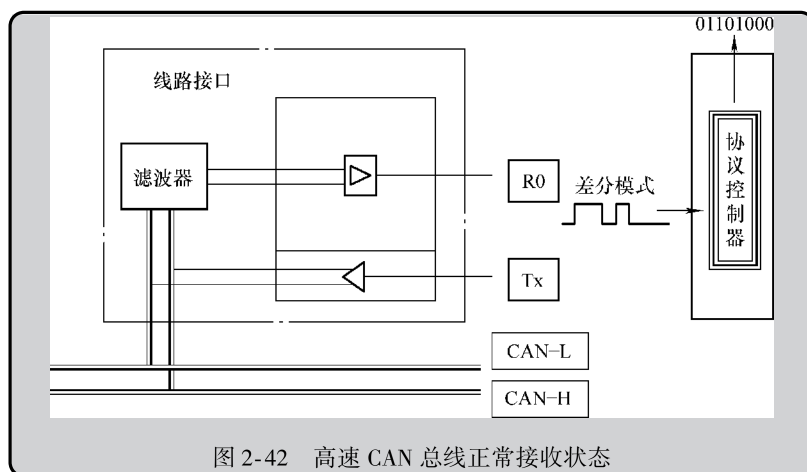


图 2-42　高速 CAN 总线正常接收状态

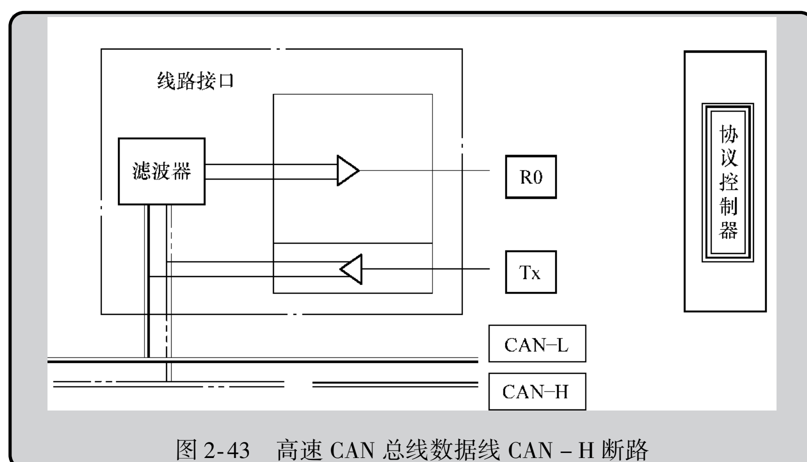


图 2-43　高速 CAN 总线数据线 CAN – H 断路

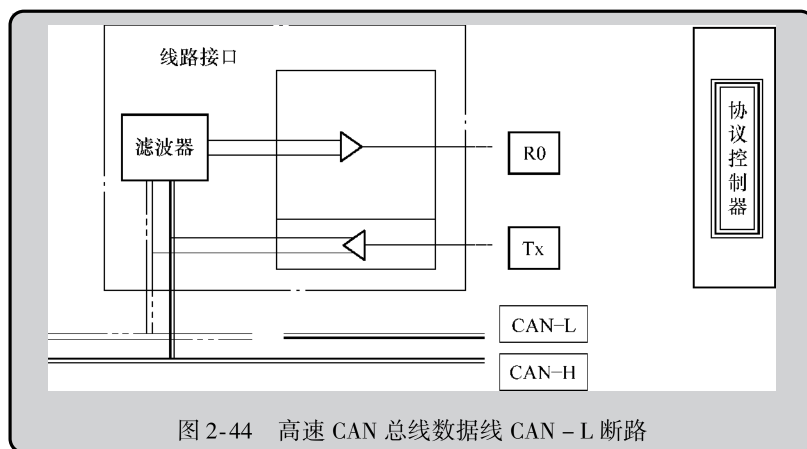


图 2-44　高速 CAN 总线数据线 CAN – L 断路

2-45　低速 CAN 总线的容错功能为何能够实现?

如图 2-45 所示，低速 CAN 总线的收发器与高速 CAN 总线的 CAN 收发器的工作原理相

似。但为了使低速 CAN 抗干扰性强且电流消耗低，与高速 CAN 总线相比就需做一些改动。首先，由于使用了单独的 CAN－L 线放大器和 CAN－H 线放大器，两个 CAN 信号不再有彼此依赖的关系。与高速 CAN 总线不同，低速 CAN 总线的 CAN－H 线和 CAN－L 线不是通过电阻相连的。也就是说：CAN－H 线和 CAN－L 线不再彼此相互影响，而是彼此独立作为电压源来工作。另外还放弃了共同的中压，在隐性状态（静电平）时，CAN－H 信号为 0V，在显性状态时不小于 3.6V。对于 CAN－L 信号来说，隐性电平为 5V，显性电平不大于 1.4V。于是在差动信号放大器内相减后，隐性电平为－5V，显性电平为 2.2V，那么隐性电平和显性电平之间的电压变化（电压提升）就提高到不小于 7.2V。

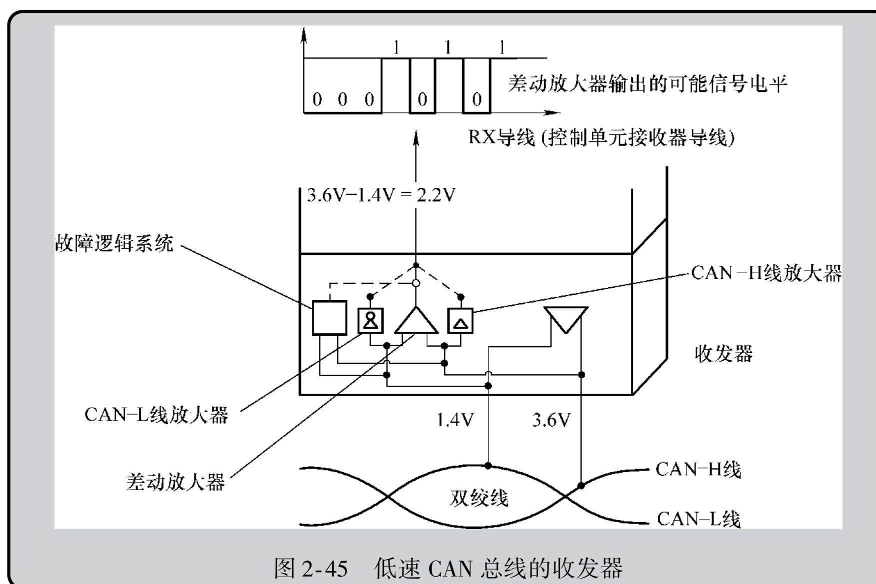


图 2-45 低速 CAN 总线的收发器

低速 CAN 总线的收发器正常工作时，会对 CAN－H 线信号“减去”CAN－L 线信号进行处理。唯一不同的是不同信号电平的发送以及当故障出现时信号会转到 CAN－H 线或 CAN－L 线中。CAN－H 线与 CAN－L 线的数据传送由收发器中的故障逻辑系统监控。故障逻辑系统用来处理两条 CAN 数据线的输入信号。

当 CAN－H 线与 CAN－L 线之间出现短路故障时，CAN－L 线驱动器会关闭。在这种情况下，CAN－H 线和 CAN－L 线会出现相同的信号。

当 CAN－H 线或 CAN－L 线一条数据线出现故障时，如断路、与接地短路、与电源短路等，故障逻辑系统能够检测出来。在处理时，只需使用另一条未被干扰的数据线（单线工作）即可保证低速 CAN 总线继续工作（见图 2-46）。在控制单元中，实际 CAN 数据信

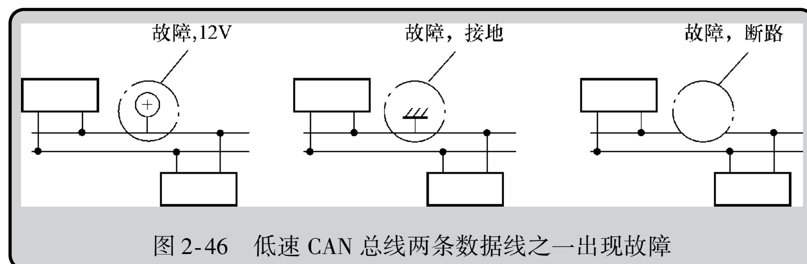


图 2-46 低速 CAN 总线两条数据线之一出现故障

息并不受单线运行的影响。通过特定的故障输出，控制单元会提供有关收发器处于正常状态或处于单线运行状态的信息。

当CAN－H线与CAN－L线两条数据线同时出现故障时，低速CAN总线才会无法正常工作。

2-46 CAN总线的内部故障管理功能是如何实现的?

为了保证数据的安全性，CAN总线系统具有很强的内部故障管理功能。这样就可以识别出可能出现的数据传递故障，从而采取相应的措施。**由于CAN总线“广播”的特点（一个模块发射，其他所有的模块接收并使用），网络中任何一个模块如果发现一个传递故障，那么其他所有的模块都会立即收到一个信息通知，这个通知称为“错误帧”。**此时所有模块就会拒收当前的信息。随后该信息会自动再发送一次，这样的过程其实是完全正常的，其原因可能是由于车上电压波动较大，如车辆在起动时或有来自外部较强的干扰。

由于不断识别出故障，因此自动重新发送过程就越来越多，为此每个模块都配有一个内部故障计数器（见图2-47），它可以累计识别出的故障，在成功完成重新发送过程后计数器再递减计数。内部故障计数器只负责内部的故障管理，无法读出其中的内容。当超过某一规定的界限值（相当于最多32次重新发送过程）时，相应的模块会得到通知并被CAN总线关闭。

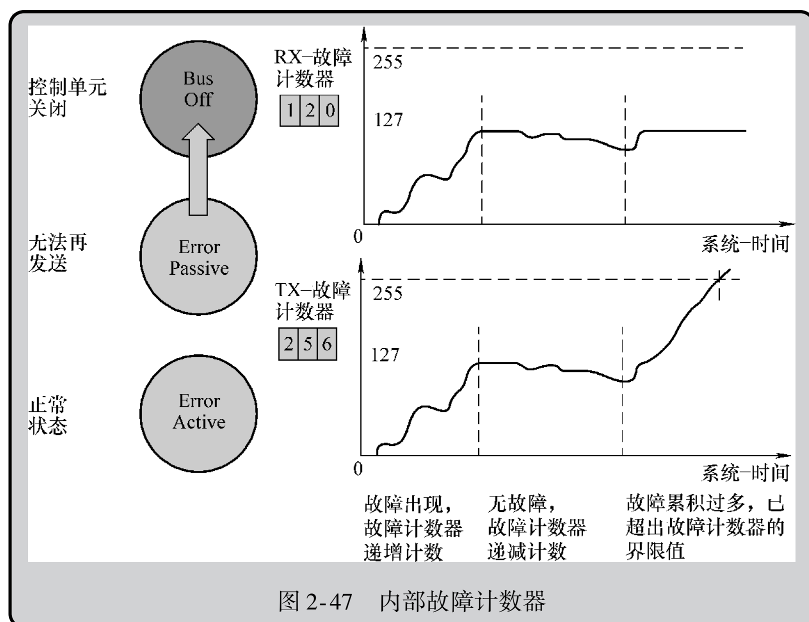


图2-47 内部故障计数器

两次总线关闭状态后（在此期间无通信），故障存储器就会记录一条故障。经过一段固定的等待时间（约0.2s）后，模块会自动再接到总线上。信息的传递一般是按规定的循环时间来进行的，这样才能保证及时地传递相应的信息。如果出现延迟，也就是说至少有10条信息未收到，那么所谓的时间监控功能（信息超时）就会启动。于是正在接收的模块故障存储器内也记录一个故障，这是故障管理中的第二套机构。由此产生的故障信息用于售后

服务故障诊断。

2-47　东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网有何特点?

东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网主要由 CAN HS I/S 网、CAN LS 车身网、CAN LS 舒适网、LIN 子网、诊断部分和 BSI1 智能服务器（网关）组成。

（1）BSI1　智能伺服控制盒，集成了网关，是全 CAN 网的核心。它是一个带微处理器的控制单元，具有如下功能：

1）不同 CAN 总线之间的通道功能。

2）线束连接与 CAN 总线连接之间的通道功能。

3）诊断功能。

4）从传感器获得信息。

5）向与 BSI1 相连的部件分配供电并进行供电保护。

6）管理 CAN 总线连接对话的协议。

（2）CAN HS I/S 网（见图 2-48）　CAN 高速网，数据传输速率为 500kbit/s，连接 BSI1 和各动态控制单元。CAN HS I/S 网无容错功能，当两根数据线中的任意一根短路或断路时，该网络不再工作。BSI1 和发动机控制单元各集成了 CAN HS I/S 网的一个终端电阻，阻值为 120Ω。

（3）CAN LS 舒适网（见图 2-49）　CAN 低速网，数据传输速率为 125kbit/s，连接 BSI1 和舒适网上的各控制单元。

（4）CAN LS 车身网（见图 2-50）　CAN 低速网，数据传输速率为 125kbit/s，连接 BSI1 和车身网上的各控制单元。

CAN LS 车身网和 CAN LS 舒适网中的控制单元各自拥有独立的传输电阻，阻值为 8kΩ。CAN LS 车身网和 CAN LS 舒适网都有容错功能，可以在以下情况下，以降级模式运行：

1）一根数据线断路。

2）一根数据线与供电短路。

3）一根数据线与地线短路。

4）CAN LS 网中的两根数据线之间短路。

此时，该网络抗干扰性下降，在某些情况下不能工作。

（5）LIN 子网　多个 CAN 网下的 LIN 子网，其数据传输速率为 19.2kbit/s。

（6）诊断部分（见图 2-51）　由 CAN I/S 诊断网、CAN 诊断网和 K 诊断线组成。

1）CAN DIAG I/S（CAN I/S 诊断网）（500kbit/s）可以为 CAN HS I/S 网上控制单元加载软件，反馈 EOBD（欧洲在线诊断）标准所需的信息，用以检查污染排放信息。

2）DIAG ON CAN 网（CAN 诊断网）（500kbit/s）可以诊断各网络中的控制单元，为 CAN 车身网和 CAN 舒适网络上的控制单元以及 BSI1 加载软件，编码各控制单元。

3）K 诊断线（10.4kbit/s）可以诊断没有通过 CAN DIAG I/S 网传输的其他 CAN HS I/S 上的控制单元故障。

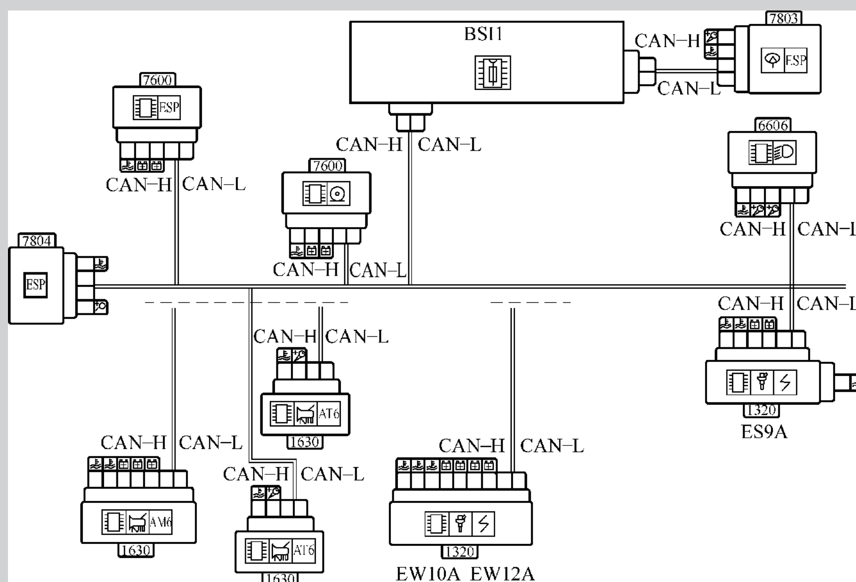


图 2-48　东风雪铁龙 C5 CAN HS I/S 网

BSI1—智能伺服控制盒　1320—发动机控制单元　1630—自动变速器控制单元　6606—前照灯控制单元　7600—胎压不足监测控制单元　7800—电子稳定程序（ESP）控制单元　7803—ESP 转向盘角度传感器　7804—ESP 偏航率传感器

注：图中虚线连接部分表示不同配置选装。

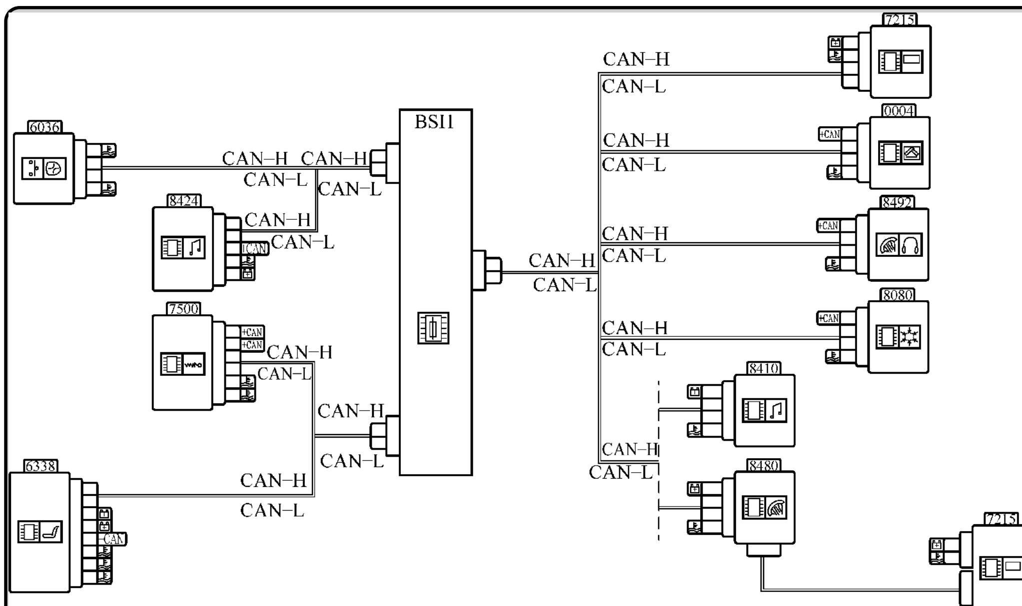


图 2-49　东风雪铁龙 C5 CAN LS 舒适网

BSI1—智能伺服控制盒　0004—组合仪表　6036—驾驶人侧车门控制面板　6338—驾驶人座椅记忆控制单元　7215—多功能显示屏　7500—泊车辅助控制单元　8080—空调控制单元　8410—汽车音响　8424—音响功放　8480—汽车音响及导航　8492—蓝牙免提电话控制盒

注：图中虚线连接部分表示不同配置选装。

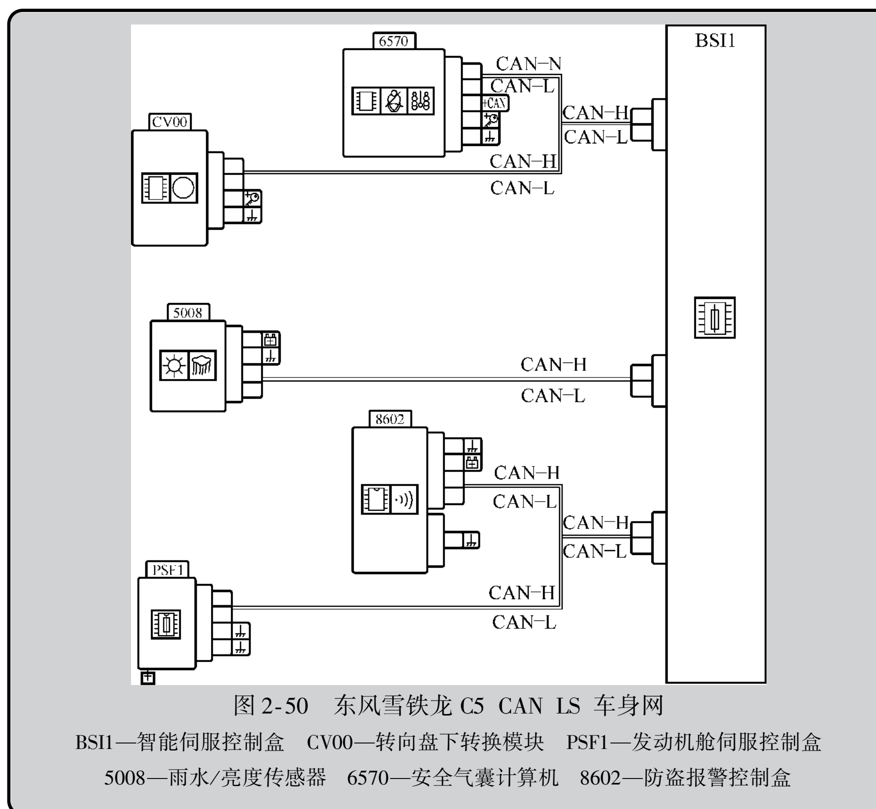


图 2-50 东风雪铁龙 C5 CAN LS 车身网

BSI1—智能伺服控制盒 CV00—转向盘下转换模块 PSF1—发动机舱伺服控制盒
5008—雨水/亮度传感器 6570—安全气囊计算机 8602—防盗报警控制盒

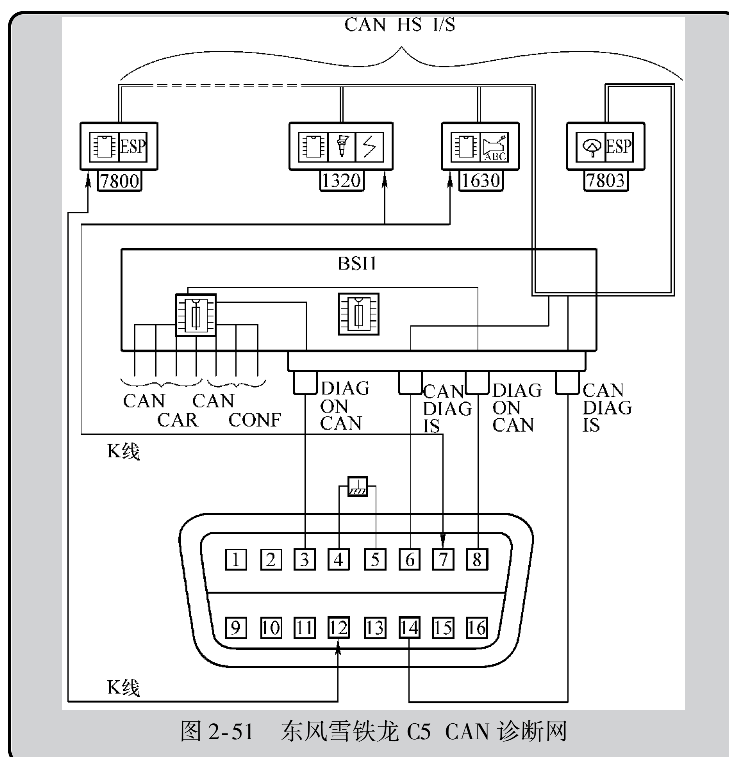


图 2-51 东风雪铁龙 C5 CAN 诊断网

2-48　东风雪铁龙 C5 的全 CAN 网的休眠和唤醒是如何进行的?

在东风雪铁龙全 CAN 网中，BSI1 控制各个网络的休眠和唤醒。

（1）网络的唤醒　如图 2-52 所示，CAN 网的控制单元有两种唤醒状态：

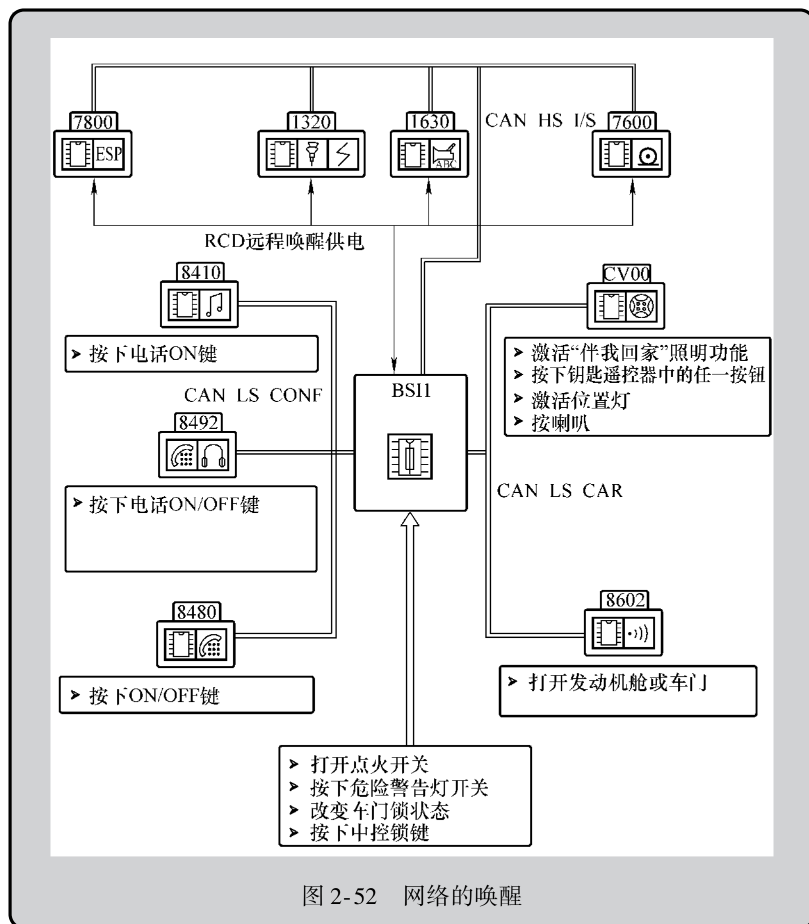


图 2-52　网络的唤醒

1）唤醒：在这种条件下，CAN 网是激活的，各个控制单元之间都在通信。

① CAN HS I/S 网：打开点火开关，发动机控制单元、自动变速器控制单元和胎压不足监测控制单元由 BSI1 在 RCD（远程唤醒控制）线上提供一个 12V 供电和一个总唤醒的帧来唤醒。对于其他控制单元，由 BSI1 或 PSF1 提供一个 + APC（点火开关供电）唤醒。

② CAN LS 网：打开点火开关，控制单元由 BSI1 控制 + CAN（CAN LS 供电）的出现而被唤醒。同时 BSI1 在 CAN 车身网和 CAN 舒适网上发出一个总唤醒的帧。

2）部分唤醒：这种唤醒可以让 CAN 网上的某些控制单元进行对话，以便提前某些运行阶段。

① CAN HS I/S 网：在断开点火开关后，BSI1 可以在 RCD 线上提供一个 12V 脉冲供电和通过网线上的一个部分唤醒的帧来部分唤醒发动机控制单元、自动变速器控制单元和胎压不足监测控制单元。

② CAN LS 网 在 CAN LS 网上有两种类型的唤醒。一种是 BSI1 直接进入进行唤醒，为了进行这种唤醒，BSI1 激活 +CAN 供电，并在 CAN LS 网络上发送唤醒帧；另一种是 BSI1 间接进入进行唤醒，可以唤醒 CAN LS 网的控制单元有 +BAT（蓄电池常供电）。在这种条件下，这些控制单元也可以发送帧，来要求 BSI1 唤醒 CAN LS 网。

（2）网络进入休眠

如果没有进行任何的唤醒，BSI1 则会在 CAN 网总线上发送“进入休眠”的信息。在 1min 15s 后，CAN 网总线进入休眠状态。此时，控制单元之间不再有通信，BSI1 切断 +CAN 供电。1min 之后，BSI1 进入休眠状态。

当蓄电池连接或断开时，网络转换到休眠状态，不管其之前处于什么状态。

图 2-53 和图 2-54 为示波器对网络的唤醒和休眠监测到的电压信号变化。

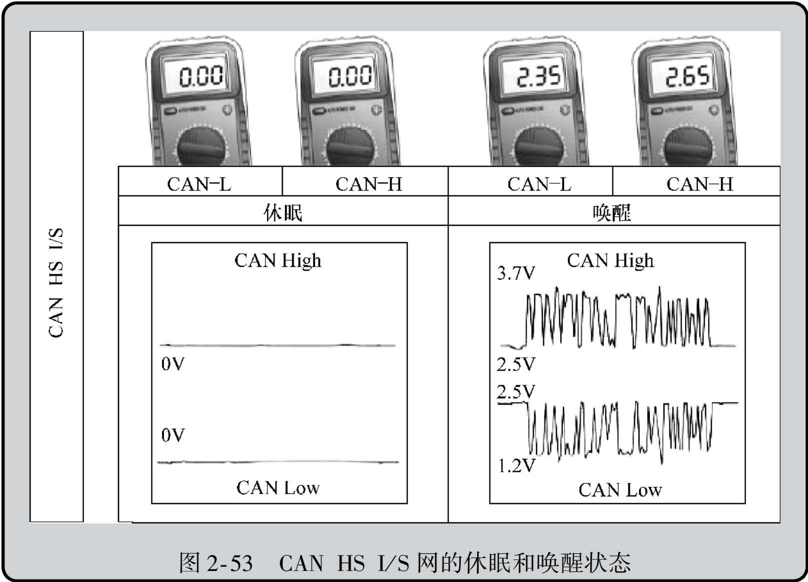


图 2-53 CAN HS I/S 网的休眠和唤醒状态

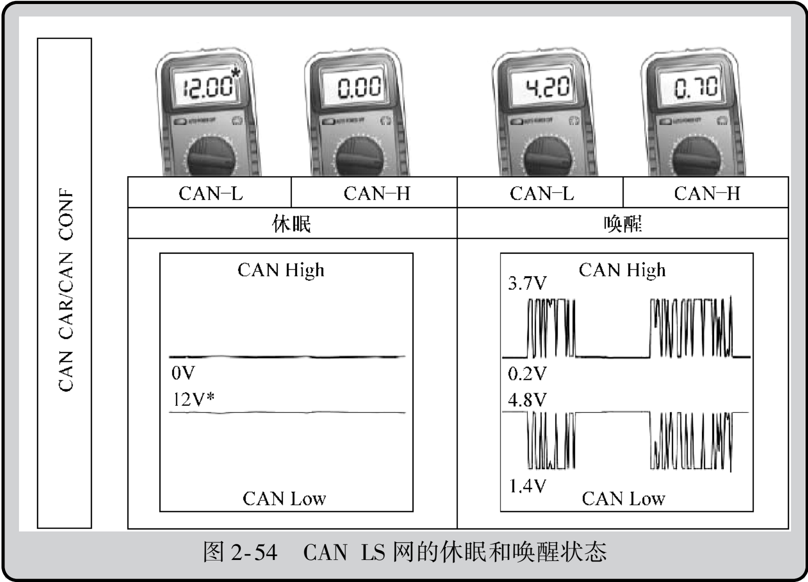


图 2-54 CAN LS 网的休眠和唤醒状态

2-49　如何对东风雪铁龙C5的全CAN网进行诊断?

要想对东风雪铁龙C5的全CAN网进行诊断，就必须了解出现故障的系统的逻辑模式，配备相应的诊断专用工具（PROXIA或DIAGBOX），对每个控制单元传输的数据帧信息仔细分析和检查，辨别信息的来源，最终找到故障点。

使用诊断专用工具对全CAN网进行诊断时，全CAN网中的所有控制单元都会被检测一遍，即所谓“整体测试”。诊断仪将会列出存储有故障码的控制单元，读取这些控制单元的故障码时，如果故障码存在于该控制单元自身或其连接的传感器、执行器，该条故障码显示为“本地”，如果故障码来源于其他控制单元发送过来的信息，该条故障码将显示为“远程”。

（1）故障症状　东风雪铁龙C5全CAN网的CAN HS I/S（高速CAN）和CAN LS（低速CAN）出现故障的症状是不同的。**CAN HS I/S出现故障时，整个系统瘫痪，无法继续工作，进入降级模式，常见的症状是：前刮水器自动工作，前照灯自动开启，发动机无法起动等。CAN LS出现故障时，大多数情况还能继续工作（容错），只是在相关控制单元内储存故障码。**

（2）故障类型

1）NERR故障：低速CAN两条数据线之一出现物理错误，如短路、断路等，可在故障日报中读取。

2）控制单元缺失：检测到系统内的控制单元缺失。只要控制单元的定时信息在连续三个周期内缺失，该控制单元就被认为缺失，可在故障日报中读取。

3）控制单元沉默：控制单元不能发送定时信息，被认为控制单元沉默，不能在故障日报中读取。

4）控制单元断开：传输中出现重大错误，控制单元会自动与网络断开。

（3）故障分析

当使用诊断工具基本确定故障所在的CAN总线以及可能存在故障的控制单元后，应首先检查控制单元供电情况和数据线连接情况。

全CAN网所有控制单元均由+CAN线供电，该+CAN供电线由BSI1控制，如果该线出现故障，将会导致CAN网中控制单元无法工作。可用数字万用表的电压档来进行检测。

图2-55为CAN HS I/S网的结构，BSI1和发动机控制单元集成的终端电阻并联的阻值可计算出来：$R=60\Omega$。**如果数据线某处短路或断路，*R*的阻值就会发生变化，此时需分段测量，直到找到故障点为止。**

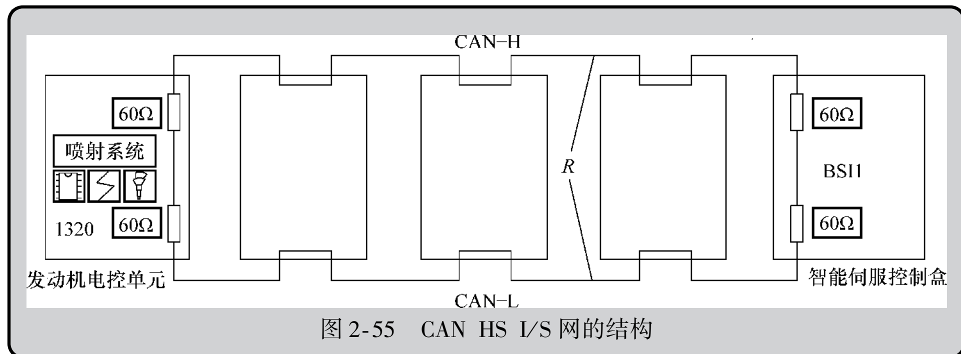


图2-55　CAN HS I/S网的结构

CAN LS 网采用开环结构，所有控制单元均与两条数据线并联，BSI1 和各控制单元的内部电阻无法像 CAN HS I/S 网那样进行测量，因此只能通过 PROXIA 或 DIAGBOX 诊断仪及其示波器进行故障诊断。

表 2-2 列出了正常与非正常状态下的 CAN HS 和 CAN LS 的两条数据线 CAN－H 和 CAN－L 上的电压值，当系统存在故障时，可对照该表进行分析。

如果数据线连接也正常，可能有故障的就是某个控制单元或 BSI1，要根据诊断仪提供的故障日报综合分析，对可能有故障的控制单元或 BSI1 进行更换，最终确定故障。

表 2-2 全 CAN 网电压

		正常（12%）	过载（100%）	CAN－H 与蓄电池正极短接	CAN－L 与蓄电池正极短接	CAN－H 与接地短接	CAN－L 与接地短接	CAN－H 开路	CAN－L 开路	CAN－H、CAN－L 互相短接
舒适网和车身网	CAN-H	0.4V	2.5V	蓄电池电压	0.4V	0V	0.4V	0.4V	0.4V	0.4V
	CAN－L	4.6V	2.5V	4.6V	蓄电池电压	4.6V	0V	4.6V	4.6V	0.4V
内部系统网和诊断网	CAN－H	2.6V	3V	蓄电池电压	蓄电池电压－1V	0V	0.5V	2.3V	2.7V	2.5V
	CAN－L	2.4V	2V	蓄电池电压－1V	蓄电池电压	0.1V	0V	2.3V	2.7V	2.5V

2-50 一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 网有何特点?

一汽大众奥迪 A6L（C6）的车载网络系统主要由 CAN 总线、LIN 总线和 MOST 总线组成。其 CAN 网由舒适 CAN（100kbit/s）、驱动 CAN（500kbit/s）、车距调节 CAN（500kbit/s）、组合仪表 CAN（500kbit/s）、故障诊断 CAN（500kbit/s）和数据总线诊断接口 J533（网关）组成（见图 2-56）。如图 2-57 所示，其 CAN 总线系统采用中央线束连接（星形联结），所有控制单元的相关 CAN 总线都围绕在中心点由一个线束扎带连接在一起。线束扎带对于线路的反射很重要，因此不能拆开。

和一般设计中的数据总线两端带有两个匹配的电阻器不同，一汽大众奥迪 A6L（C6）的设计使用了分散匹配电阻器，即在发动机控制单元中配备“中央匹配电阻器”和在其他控制单元中安装高阻值的电阻器。这会导致更大的反馈，但由于车辆中数据总线长度较短，不会带来负面影响。

图 2-58 为一汽大众奥迪 A6L（C6）的舒适 CAN 总线系统的模块分布图，与所有 CAN 数据线一样，**舒适系统 CAN 数据总线也是双绞线形式，其传输速率为 100kbit/s，属低速 CAN 总线，具备单线运行能力。舒适系统 CAN 数据总线中控制单元有：车门控制单元、座椅调节控制单元、转向柱电子控制单元、自动空调控制单元、轮胎压力监测控制单元、电能管理控制单元、辅助加热控制单元、使用和起动授权控制单元、舒适系统控制单元停车辅助控制单元、组合仪表控制单元等。**通过 CAN－H 线和 CAN－L 线，数据在控制单元之间转换，如开门/关门、车内照明灯开/关等。在 CAN－L 线中，为了更好地抵抗干扰以及降低用电量，与驱动系统 CAN 数据总线相比，有必要对其进行多种改进。首先，独立驱动器（输出放大器）的引入消除了两种 CAN 信号的相互依赖。与驱动系统 CAN 数据总线不同，舒

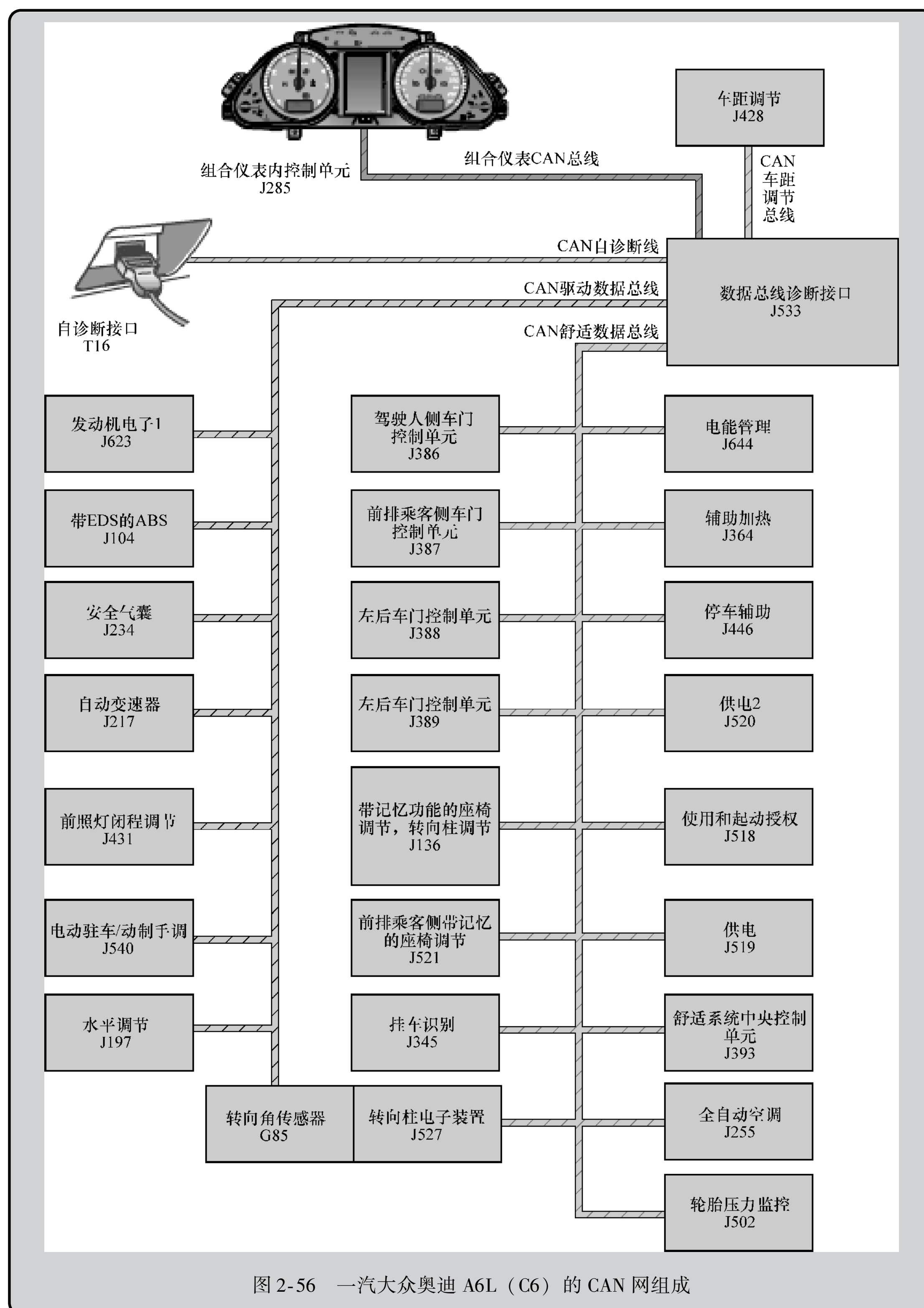


图 2-56　一汽大众奥迪 A6L（C6）的 CAN 网组成

适系统 CAN 数据总线的特性之一是控制单元的负载电阻不在 CAN－H 线和 CAN－L 线间，而在各自接地线或 5V 导线间，即没有通过电阻器相互连接。这表明 CAN－H 线和 CAN－L 线不再相互影响，而是像供电一样独立工作。如果供电断开，负载电阻也会断开，这就意味着无法再测量电阻。

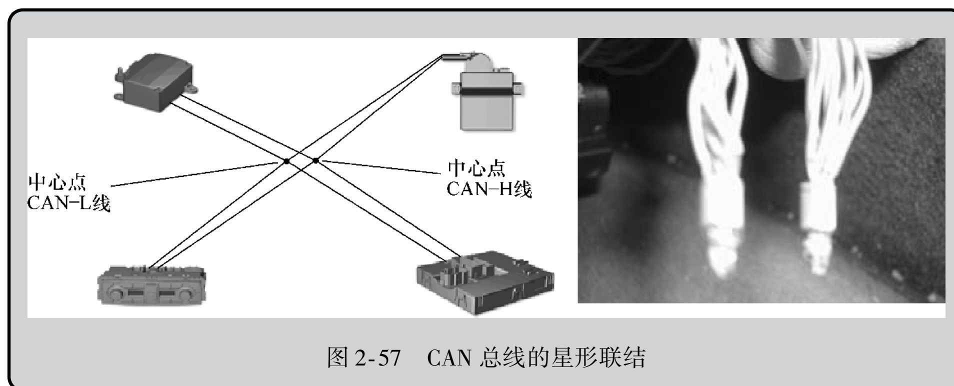


图 2-57　CAN 总线的星形联结

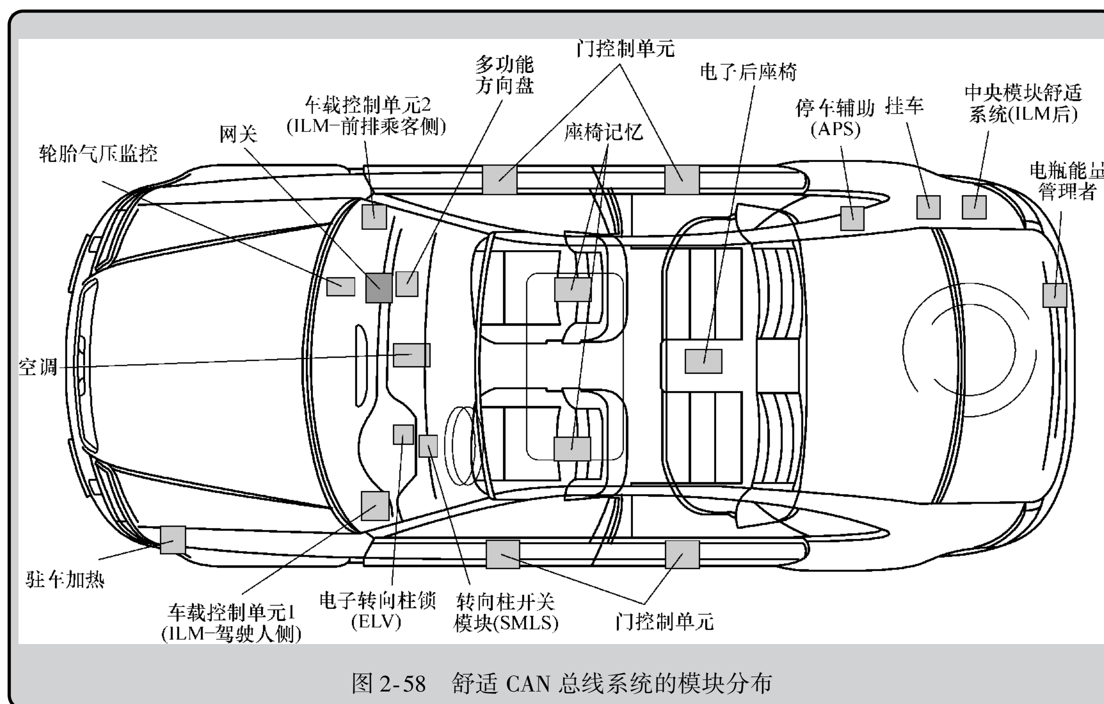


图 2-58　舒适 CAN 总线系统的模块分布

舒适 CAN 总线在点火开关关闭后空载运行，此时若拔下控制单元插头，在故障存储器内会存有记录。另外，在静态电流检测时应注意舒适 CAN 总线工作状态。

图 2-59 为舒适 CAN 总线的波形信号。为了清晰起见，将 CAN－H 线信号和 CAN－L 线信号分开。在波形信号图像（DSO）中，可以清晰看见不同的零点。CAN－H 线和 CAN－L 线的不同测试状态清晰可见。**CAN－H 线信号在隐性状态时（休息状态）是 0V，在显性状态时能达到甚至或高于 3.6V。CAN－L 线信号在隐性状态时（休息状态）是 5V，在显性状态时小于等于 1.4V。**这样，在差动放大器中形成差动之后，隐性电平为 5V，显性电平是

2.2V。在隐性和显性电平之间（电压上升）的电压变化随之增加到大于等于7.2V。

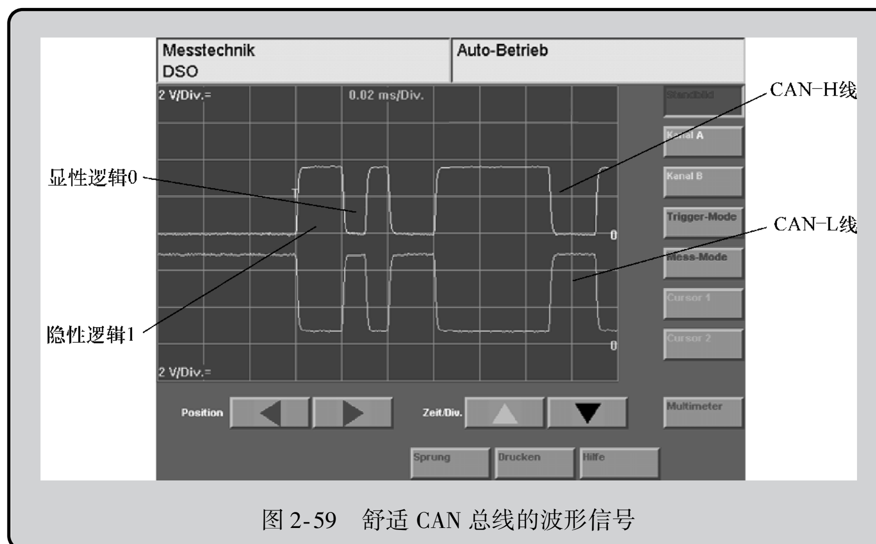


图2-59　舒适CAN总线的波形信号

图2-60为一汽大众奥迪A6L（C6）的驱动CAN总线系统的模块分布。**驱动系统CAN数据总线中控制单元有：发动机控制单元、ESP行车稳定系统控制单元、安全气囊控制单元、自动变速器控制单元、大灯照程调节控制单元、电子驻车制动控制单元、组合仪表控制单元等。驱动系统CAN数据总线是传送率为500kbit/s的双绞线，它属于高速CAN，不能单线运行，在一根线断路或短路时所有功能失效。**通过驱动系统CAN数据总线的CAN－H线和CAN－L线，数据在控制单元间转换。这些信息从控制单元开始循环发送，信息的重复率一般在10～25ms。

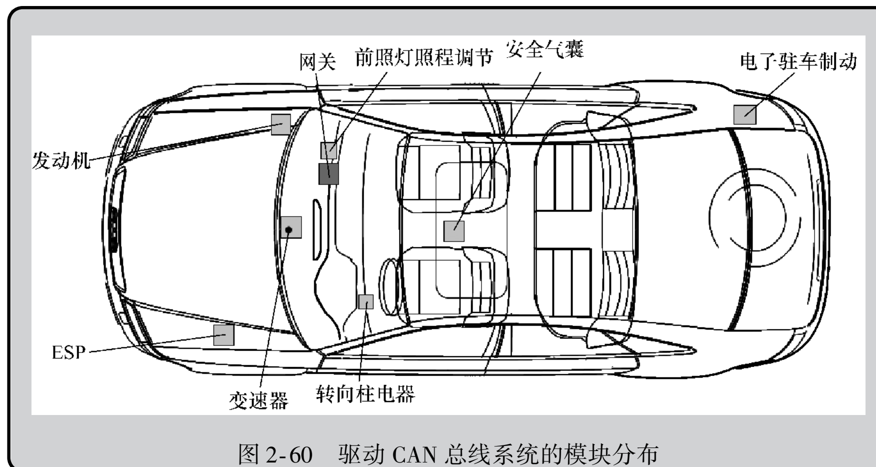


图2-60　驱动CAN总线系统的模块分布

驱动系统CAN数据总线由15号端子（点火装置）开始被激活。CAN通信在点火开关关闭后短时间内还激活。在通信中断的情况下（如控制单元插头脱落、元件的电压供给中断等），在主控制单元内产生故障存储记录，因此在重新连接后一定将要所有控制单元的故障存储清除。

图2-61为驱动CAN总线的波形信号。**CAN－H线的显性电压大约为3.5V；CAN－L**

线大约为 1.5V。

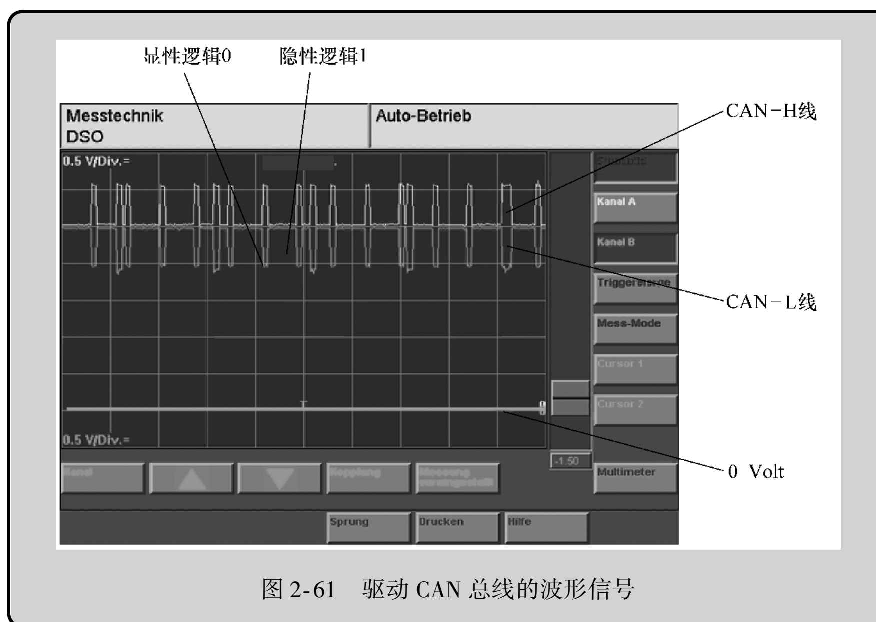


图 2-61 驱动 CAN 总线的波形信号

车距调节 CAN、组合仪表 CAN、故障诊断 CAN 均属高速 CAN，其特点与驱动系统 CAN 类似，速率均为 500kbit/s。

数据总线诊断接口 J533（网关）的安装位置在手套箱后面的模块架上（见图 2-62），是整车不同总线间的接口及诊断仪和通过总线系统相连的控制单元之间的接口，作为诊断总线的主控制器，具有 MOST 断环诊断、驱动 CAN 总线休眠、总线系统的睡眠/唤醒等功能，还是元件保护的主控制器。

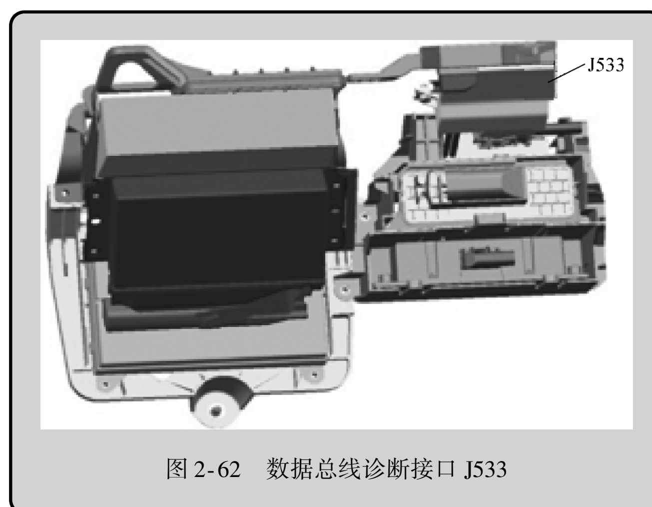


图 2-62 数据总线诊断接口 J533

2-51 一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线是如何进行网络管理的?

一汽大众奥迪 A6L CAN 总线的网络管理是指舒适 CAN 总线在关闭点火开关后必要的通信功能特性。在睡眠模式下，通过关断通信进行静电流的限制；在有需求的前提下，或者车辆还处于锁车状态，没有点火期间启动通信，称为唤醒模式。由于功能分配，在舒适 CAN 总线系统上的所有控制单元都参加到网络管理中，在静电流管理中扮演重要角色。

（1）睡眠模式 **控制单元的睡眠状态是为降低静电流消耗而设定的。**由于功能分配，所有控制单元必须一起进入睡眠准备状态。首先所有的控制单元发出睡眠准备结束信号（睡眠指示字位），总线将进入睡眠模式。如果一个总线系统正在进行信息传输，其他总线系统就无法进入睡眠状态。系统处于睡眠模式时，高位数据线为 0V，低位数据线为蓄电池电压。

睡眠模式的两种不同方式：

1）总线睡眠模式（总线静止）：正常情况车辆关闭大约 15min。

2）控制单元睡眠模式（停止模式）：在车辆关闭 2h 后主处理器不再供电。

一汽大众奥迪 A6L（C6）的诊断界面中有各种测量数据块，可用于睡眠准备状态的检测，即哪些控制单元处于睡眠准备，哪些总线系统处于睡眠准备，车辆是否处于睡眠准备。

（2）唤醒模式 **唤醒模式是指控制单元的唤醒阶段。**由于功能共享，所有控制单元必须同时唤醒。总线唤醒功能是作为对总线指令或传感器的反应来实现的。通过对总线干扰实现了强迫的唤醒功能。当某一个信息激活相应的总线后，网关会根据需要激活其他的总线系统。

唤醒模式的两种不同方式：

1）CAN 总线唤醒（从总线静止中醒来）。

2）控制单元唤醒（从停止模式中醒来）。

总线唤醒原因可能由这两种不同的方式引起。

如图 2-63 所示，当关闭点火开关时，舒适 CAN 总线系统进入等待状态，此时工作电流保持 150mA 不变，当系统进入睡眠状态时，静态工作电流只有 6mA，此时如果有开门动作等唤醒事由，则系统激活回到运行状态。图 2-64 为 CAN－H 线和 CAN－L 线从睡眠状态回到激活状态的过程中信号波形的变化。图 2-65 为一些常见的唤醒事由。

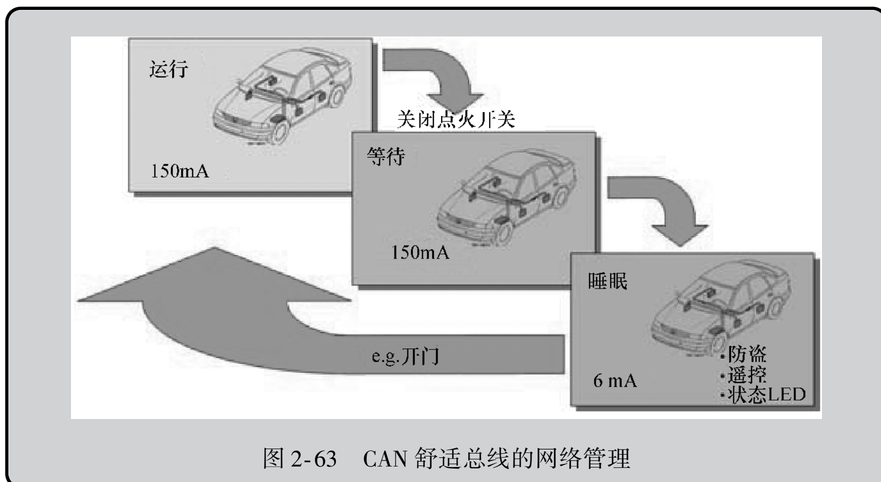


图 2-63 CAN 舒适总线的网络管理

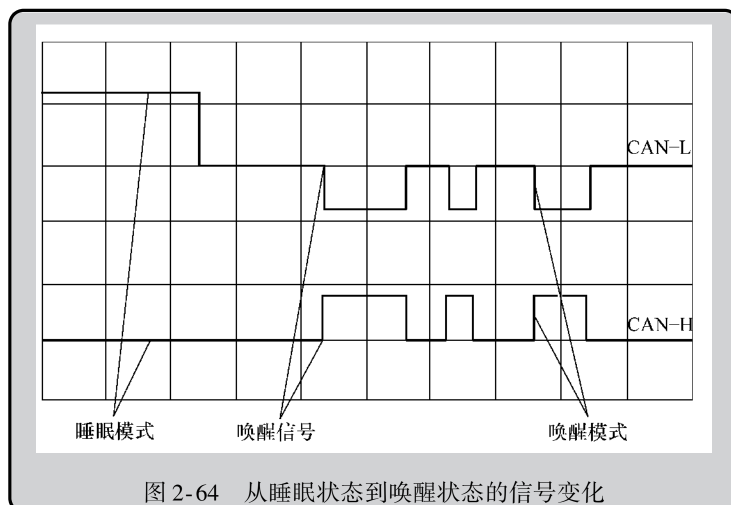


图 2-64　从睡眠状态到唤醒状态的信号变化

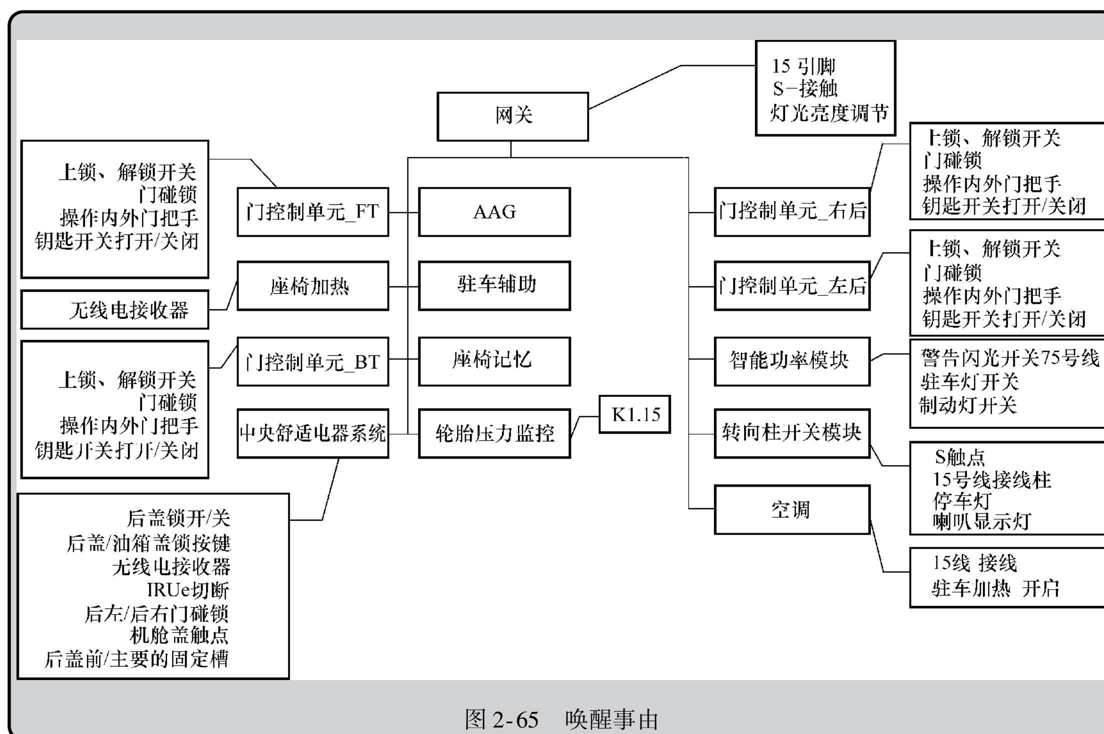


图 2-65　唤醒事由

2-52　如何用诊断仪对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线进行诊断?

如图 2-66 所示，大众公司的专用诊断仪经历了最初的 VAG1551/1552 到 1997 年生产的 VAS5051，具备了自诊断显示、故障导航、测量技术、数字存储示波仪及打印机等功能，2001 年生产的 VAS5052 又增加了电子服务咨询系统（ELSA）功能，到今天具备无线诊断接口的 VAS5054。



图 2-66　大众公司专用诊断仪的发展历程

要对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线进行诊断，首先应开启诊断仪 VAS505x，连接诊断接头，初始界面示例如图 2-67 所示。



图 2-67　诊断仪 VAS505x 初始界面示例

进入“引导型故障查询”㊀功能。该功能开始时先选择品牌，然后进行车辆识别，可以

㊀ 即图 2-67 中的“引导性故障查寻”。

自动执行也可以手动执行。自动识别借助于网关安装列表进行，手动识别通过输入基本特征进行，或者混合使用（自动和手动识别）。在进行自动和混合车辆识别时，点火装置必须接通并与车辆建立通信。

计算出结果或输入基础特征之后就开始进行车辆系统测试，出现一条提示：“与车辆系统建立通信”。车辆系统测试从网关控制单元中读取安装列表，所有 CAN 模块都会显示在同一视屏中（见图 2-68），如果可以通过网关控制单元进行车辆自动识别，则会将可能安装的系统列表与网关控制单元编码进行如下对比：在网关控制单元中显示为已安装、且处于无故障状态的系统，将直接储存不再继续检查；对于显示的、带故障状态数据的系统，将读取其故障码存储器，并将其内容存在测试仪中；未在网关控制单元中显示为已安装的系统，将被检查是否存在及其故障状态。

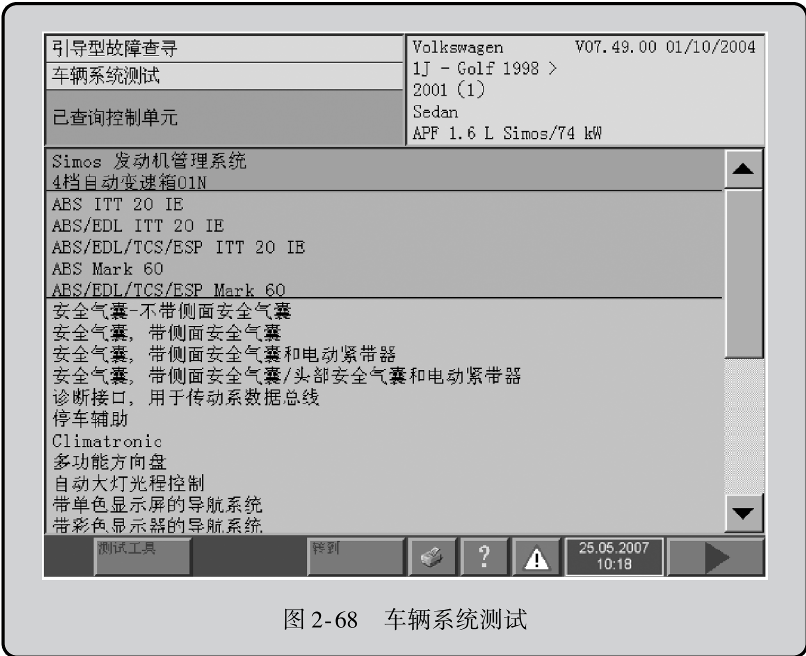


图 2-68　车辆系统测试

在“车辆系统测试”界面中，可能安装在已识别车辆中的 CAN 模块将被分组：驱动装置（网关、发动机、变速器）；行驶机构（制动器、自适应巡航控制、高度传感器……）；车身（仪表盘嵌件、防起动锁、暖气、通风装置、空调……）。为了更好地辨别，在界面内每个组别的系统均用不同背景颜色和分隔线隔开。可以在屏幕上观察车辆系统测试的进程，此时在右边工作窗口中当前被查询的系统以一个箭头标出。识别出的车辆系统将用黑色条形标出，其文字将反显。在右栏中将填入车辆系统的状态。如果选项列表中包含未能识别的控制单元（如由于出现损坏而无法识别），那么就需要手动选择。只有这样才可确保“引导型故障查询”的相关诊断数据也已经准备就绪。对于车辆中肯定安装的 CAN 模块（标准配置）来说，则会出现一个提示，说明该 CAN 模块无法被识别。完成测试之后在界面左侧信息栏中出现信息：“已查询控制单元”。表 2-3 为车辆系统测试中的状态符号的含义。

表 2-3　车辆系统测试中的状态符号

符号	含义
	显示车辆系统
正常文字	控制单元未被识别或未选择
反显文字	控制单元已识别（已发现）
	状态栏
√	故障代码存储器为空，即无故障记录
?	网关中记录为已安装的车辆系统无法被识别
错误	故障储存入故障码存储器
✋	控制单元无通信接口
☛	手动选择控制单元
☚	手动取消选择控制单元
<==	正在查询控制单元

完成车辆系统测试之后可以使用按钮“继续”或“转到”进行切换。单击“继续”按钮进入启动模块，或者如果有的话，进入“故障码存储器内容”。通过“转到”按钮可首次从这一界面进入“功能/部件选择”。进入“故障码存储器内容”可了解 CAN 模块中的故障及其可能的环境要求（见图 2-69）。如果未识别出故障，则在左侧信息系统中列出文字：“未发现故障”。如果识别出故障，则将其按照 CAN 模块及故障码以升序排列。如果显示了一个故障，则在单击按钮“继续”之后进入“检测计划”，否则将进入“投诉报告”。

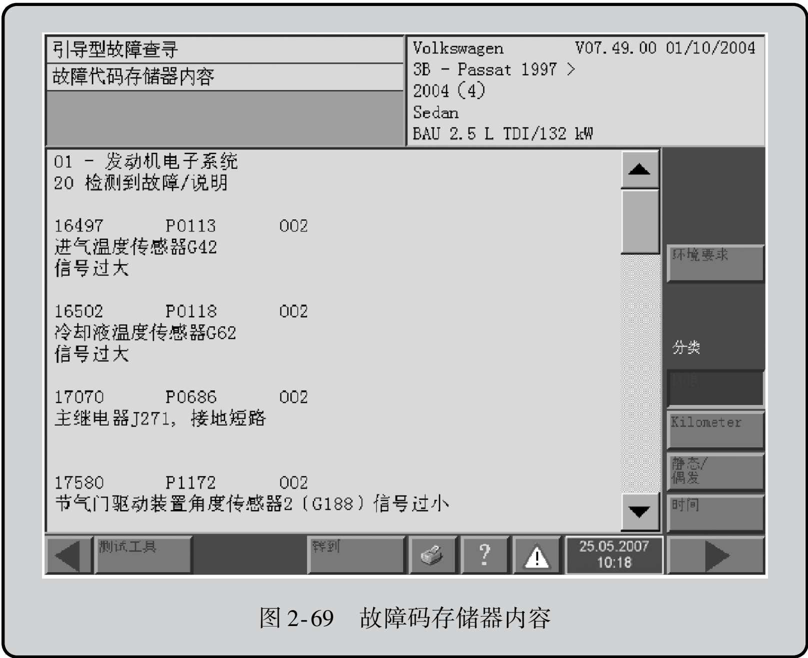


图 2-69　故障码存储器内容

在进入“检测计划”的过程中，先前完成的“故障码存储器内容”“投诉报告”和“功能/部件选择”中的结果将被分析处理，得出检测建议，并以列表形式显示。从其顺序中可看出测试的优先级别。在具体示例中故障码存储器的内容导出一个测试建议，该建议将

被输入测试计划中并进行预选择。如果单击按钮“继续”，则将启动已标志的功能测试。通过功能测试可发现故障原因，最终排除故障。

表 2-4 列出了奥迪 A6L 可自诊断的所有 CAN 模块。

表 2-4 奥迪 A6L 可自诊断的所有 CAN 模块

VAS505x 地址码	控制单元	代码	CAN 总线类型
01	发动机	J623	驱动
02	自动变速器	J217	驱动
03	ABS	J104	驱动
15	气囊	J234	驱动
55	前照灯照程调节	J431	驱动
53	电子驻车制动杆	J540	驱动
34	空气悬架	J197	驱动
42/52/62/72	门控单元	J386/387/388/389	舒适
36/06	座椅记忆	J136/J521	舒适
61	电瓶管理	J644	舒适
76	停车辅助	J446	舒适
09	供电控制单元	J519	舒适
4F	供电控制单元 2	J520	舒适
16	转向柱电器	J527	舒适
65	胎压监控	J502	舒适
08/18	空调/辅助加热	J255/J364	舒适
46	舒适系统控制单元	J393	舒适
69	挂车控制单元	J345	舒适
05	进入/启动许可/防盗	J518	舒适
19	网关/诊断接口	J533	全部
	诊断接口	T16	诊断
17	组合仪表	J285	仪表
13	车距调节	J428	车距调节

2-53 如何用示波器对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线进行诊断？

开启诊断仪 VAS505x，进入“测试工具”，出现“万用表”界面（见图 2-70）。单击按钮“转到”，并选择菜单项“DSO”（见图 2-71），用 CAN 检测盒 VAS1598/38 连接 DSO 测量导线（见图 2-72）。

“DSO”界面用于将数字存储示波器作为自由测量仪器使用。可在此处设置参数、进行测量并读取测量结果。在此屏幕上可以同时显示不超过三个测量曲线。为了能够更好地进行功能对应，按键标志、参数和所显示的测量信号均以不同颜色标出。通道 A 为黄色；通道 B 为绿色；预置测量为蓝色。



图 2-70　万用表界面

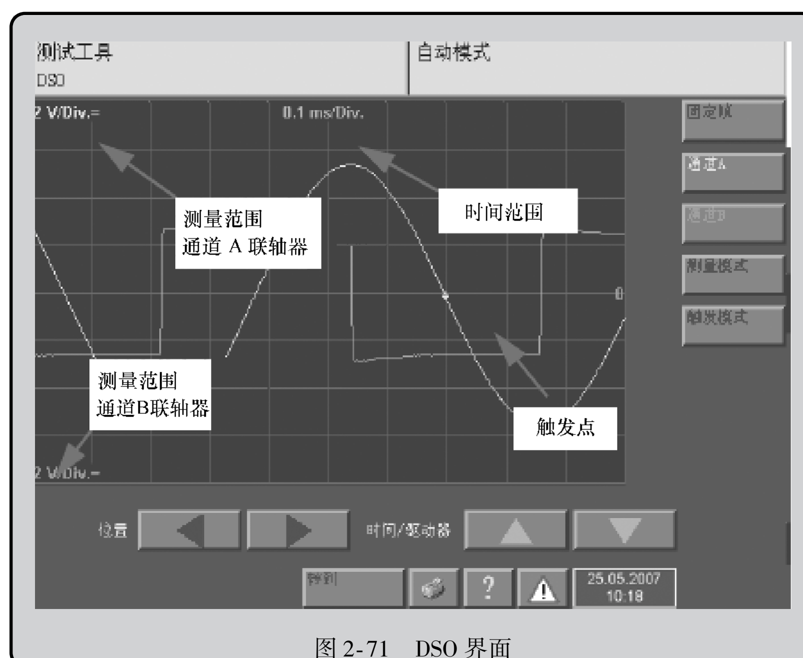


图 2-71　DSO 界面

（1）通道 A 和通道 B　单击操作按钮“通道 A”或“通道 B”，这样显示栏下部可以出现操作功能“通道”“测量范围”“联轴器”“最小值/最大值”以及“预置测量”，从而对该通道进行操作。另外，在显示栏右侧还会出现一个滑动调节器，用此调节器可以垂直移动所显示的曲线。

在该滑动调节器下面显示设置的、以伏为单位的偏移电压。当进行双通道显示时，可以将通道 A 置于显示栏上部，通道 B 的信号曲线置于下部。这样（特别是信号曲线不交叉时）

屏幕显示可以更清晰明了（见图 2-73）。

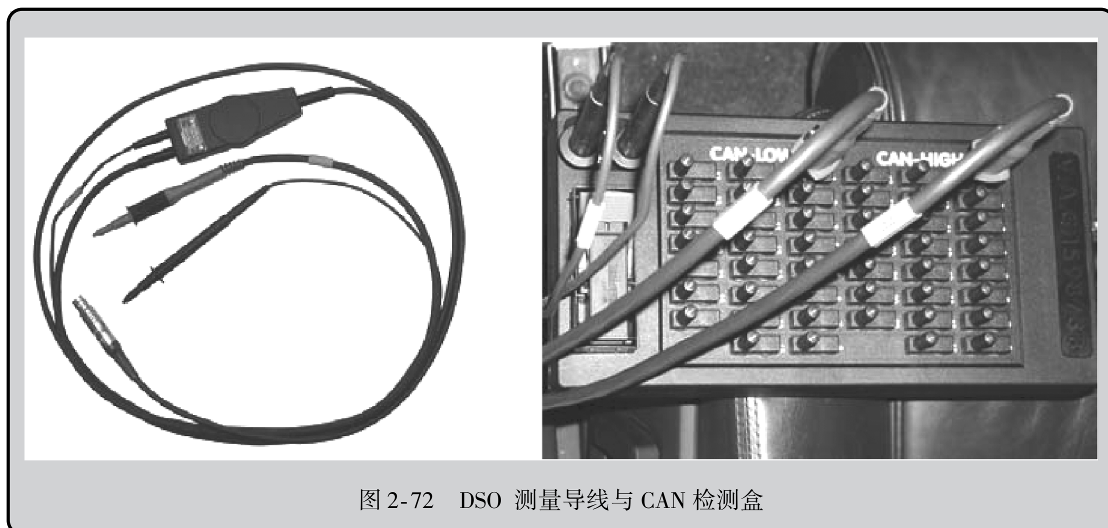


图 2-72　DSO 测量导线与 CAN 检测盒

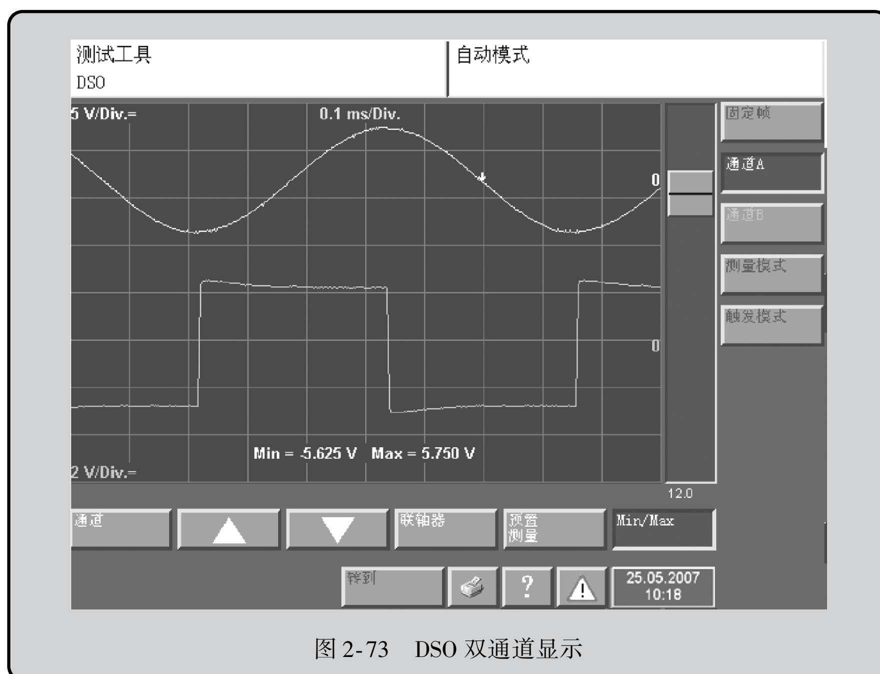


图 2-73　DSO 双通道显示

单击按钮“通道”，以便给出所设定通道的测量接口，如“通道 A”，出现一个带选项的下拉菜单。选择所希望的测量接口（测量导线），接着再次单击按钮“通道”（或另外一个任意按钮），以便应用选择并关闭该菜单。当选择“切断”时“通道 A”将关断。可每次单击按钮“向上箭头”或“向下箭头”将测量范围改变一级。当前测量范围（如“10V/Div”）将出现在显示栏的左侧。

单击按钮“联轴器”，以便选择“通道 A”的联轴器。出现一个带选项的下拉菜单。选择“GND（接地）”时，“通道 A”将连到基准电位（测试仪地线），并且信号曲线显示为

零线。在此功能中可用滑动调节器设定曲线显示的零点。选择“DC”时，将显示出测量信号的直流电压部分和交流电压部分。所设置的 DC 联轴器以符号形式“＝”显示于触摸屏上（如“2V/Div. ＝”）。选择“AC”时，只显示测量信号的交流电压部分。所设置的 AC 联轴器以符号形式“～”显示于触摸屏上。按住滑动调节器，并将其沿着导轨上、下移动，以使显示的曲线位置也随之上、下移动。

单击按钮“预置测量”后，出现“预置测量”，该界面中列出所提供的曲线模型。预置测量功能将显示单个信号的曲线模型，与要测量的信号相对比。此时 DSO 已经预先设置好，无需进行任何调整。如果对其进行更改，设置不再与预置测量相对应，则不出现曲线模型。从列表中选择一个曲线模型，单击“预置测量”界面中的按钮“显示”，这样可以显示所选择的曲线模型。

单击按钮“Min（最小值)/Max（最大值)”，可以在示波图底边处以数字形式显示当前通道的极限值，并用彩色标出相应通道。该功能给出测量开始后所选通道曾经出现过的全部曲线值的极限值（最小值和最大值)。这些数值在屏幕上的显示无法移动。也可通过介于原来的扫描时间点之间的重扫描而得到极限值。在两种最低时间范围（ms/Div）以及在拖动模式中，无法显示极限值。再次单击按钮“最小值/最大值”，可关闭极限值显示。在正进行的扫描过程中，关闭和打开最小值/最大值功能会使极限值的显示回零。

（2）测量模式　如图 2-74 所示，通过按钮“测量模式”可对测量值计算设定参数。单击之后显示栏下部会出现按钮“自动安装”“自动水平”“自动”“标准”“单个”以及“拖动模式”。

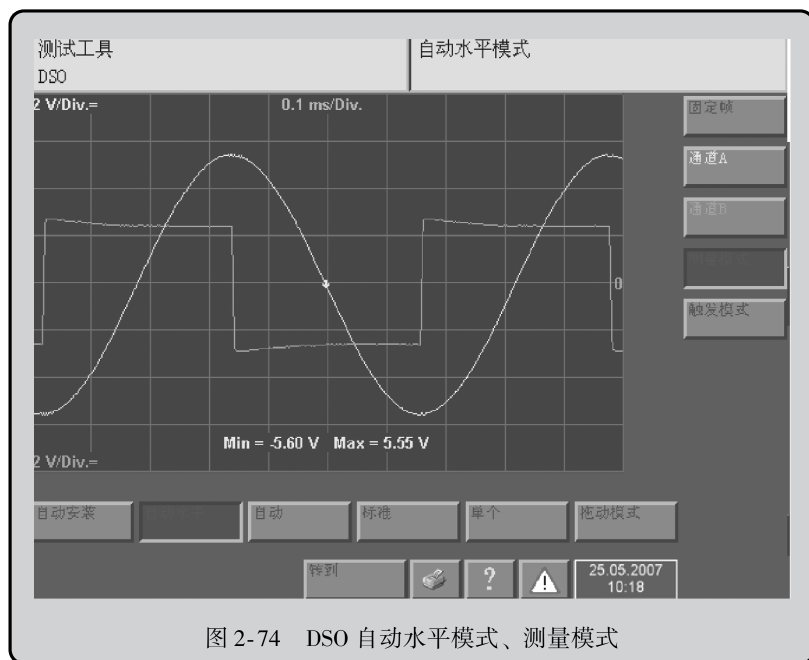


图 2-74　DSO 自动水平模式、测量模式

在自动安装模式中，将自动设置通道 A 和 B 的振幅、时间范围和触发门限。每次调用后只进行一次自动安装。接下来测量模式将直接转换至自动水平模式。

在自动水平模式中，将对所设置的触发门限（按百分比计，门限值在信号振幅的

±100% 范围之内）自动进行跟踪设置，这样使得信号振幅无论如何变化，都可以有触发的图像。

在自动模式中，当触发事件有效时（相应于所设置的触发水平），或在等待时间（取决于所选的时间范围）过去之后，将自动启动运行测试值计算（无静止图像）。

在标准模式中，只在触发事件有效时才进行循环的测量值计算。如果未触发，则在右侧显示栏中出现说明提示。

在单个模式中，在有效触发事件后只进行一次测量。

在拖动模式中，进行无触发的测量值计算，曲线图形将继续从左向右显示。拖动模式用于显示低频信号。在拖动模式中也可进行长期测量，无法绘出极限值。

（3）触发模式　如图 2-75 所示，单击按钮“触发模式”。这样，操作功能“通道”“联轴器”“边缘”和“水平移动”都会显示在显示栏下部，并可用来进行设置。另外，在显示栏右侧边缘处出现一个滑动调节器，可用它设置触发电平。

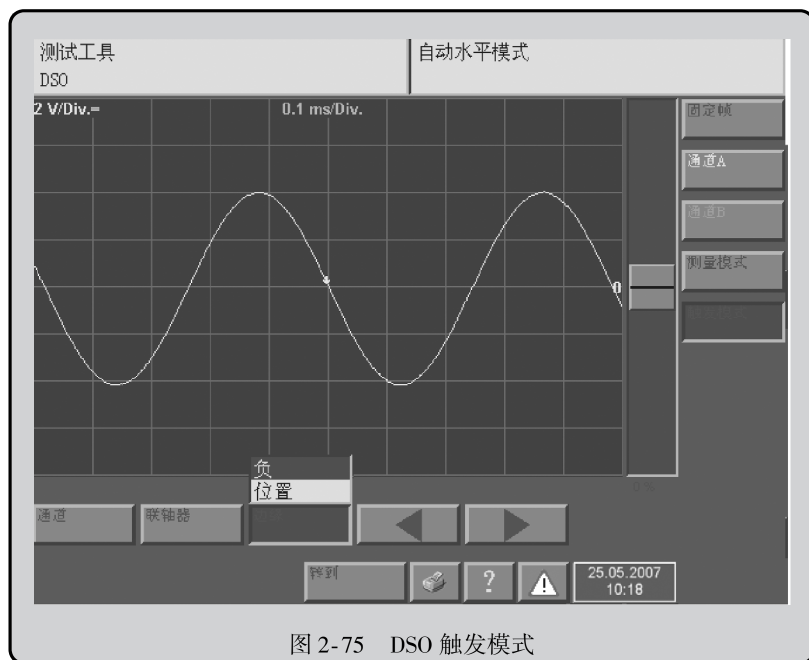


图 2-75　DSO 触发模式

（4）固定帧　单击“固定帧”按钮。循环重复测量则会暂停，最后的曲线图形保持静止。另外，将显示按钮“光标 1”和“光标 2”，重新单击按钮“固定帧”，测量的循环重复重新启动。单击测量导线探尖末端的按键，以便远程控制激活功能“固定帧”。如果在功能“固定帧”正在运行时更改参数，则当前显示的曲线图将会停止。但在右侧信息窗口中显示出信息“参数已更改”，因为此时曲线图与所设置的参数不再匹配。

单击按钮“光标 1”或“光标 2”，以便在曲线图的确定时间点设定电压值。单击该按钮之后将显示如图 2-76 所示界面。显示栏“通道 A 振幅”（振幅）表明通道 A 的曲线图上光标所在处的电压值。显示栏“通道 B 振幅”表明通道 B 的曲线图上光标所在处的电压值。显示栏“时间数值”显示光标所在处、针对触发点的时间数值。可触摸该曲线图，将光标移至该点（粗略控制）。

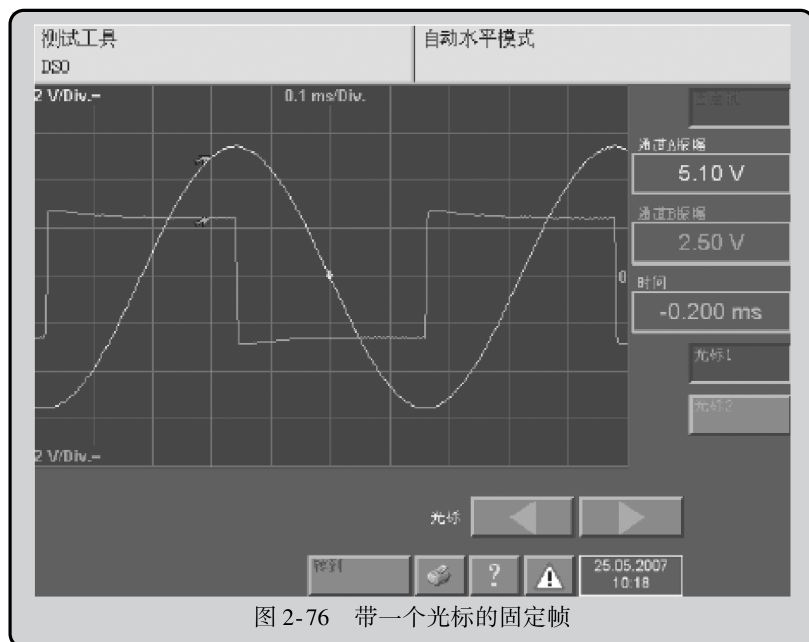


图 2-76　带一个光标的固定帧

单击按钮“光标 1”和“光标 2”，以此设定确定的曲线点之间的电压差值和时间差值。单击按钮“光标 1”，并将光标置于曲线图上的一点，从这里至光标 2 的电压偏差和时间偏差是预想的设定值（参考）。单击按钮“光标 2”，并将光标置于曲线图上的一点，从此处到光标 1 的位置的电压偏差是预想的设定值。接通两个光标之后会显示如图 2-77 所示界面。显示栏“振幅偏差 A”表明通道 A 的曲线图上两处光标所在之间的电压差值。显示栏“振幅偏差 B”表明通道 B 的曲线图上两处光标所在之间的电压差值。显示栏“时间偏差”表明光标所在处的时间偏差值。

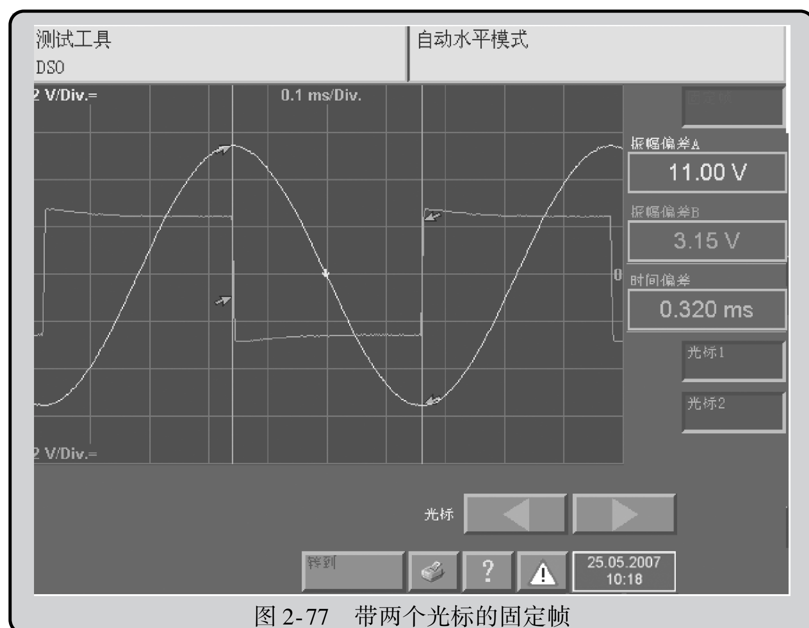


图 2-77　带两个光标的固定帧

（5）带宽限制　在标准情况下，按钮“带宽限制”在达到 0.01ms/Div 时自动激活。此时所有测量通道中都接通了一个极限频率为 75kHz 的低频通路，高频部分则被禁止。对于高频信号 CAN 总线信号来说，可在需要时手工关闭“带宽限制”功能。

（6）拖动模式中的长期测量　在拖动模式中，长期测量功能允许设定测量过程的一个时间周期。记录图样之后将信号曲线精简压缩并相应以屏幕窗口大小输出。放大镜功能可放大选定的任意部分区域。单击按钮“拖动模式”之后将会看到按钮“长期测量”。

用按钮“长期测量”可对长期测量功能进行设置。此外“固定帧”功能也会接通。在测量过程中，按钮“长期测量”不可用。可用箭头键选择小时或分钟按键对时间进行设置，先前对长期测量重复所设定的时间仍然保留。在按下按钮“长期测量”并设定测量周期之后，关闭按钮“固定帧”来启动测量过程。长期测量的最长持续时间受扫描率及测试通道数量所限，因为扫描率升高数据量就会加大。扫描率为 5Hz 时最长接收时间为 48h。接收过程中在右侧信息窗口中显示出接收时间。此过程中不可更改长期测量的参数，因为再次操作按钮“固定帧”将会使此过程过早中断。时间一到则结束长期测量。固定帧功能将自动打开，储存的全部数据将压缩至窗口大小绘出。此显示被格式化为显示出压缩数据的极限值。长期测量结束之后可以借助光标 1 和 2 对信号进程进行分析处理。

2-54　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行故障波形分析?

如图 2-78 所示，**用测量导线连接发动机控制单元、接线盒 VAS1598/30 和 DSO 示波器。两条 CAN 数据总线各自通过一个通道进行测量。通过对 DSO 图形的分析可以很容易地发现故障。这里通道 A 红色的测量线连接 CAN – H，黑色的测量线连接接地；通道 B 红色的测量线连接 CAN – L，黑色的测量线连接接地。**



图 2-78　CAN 驱动总线波形分析的工具连接

如图 2-79 所示，对 DSO 示波器设置如下（图中标号与下面的序号对应）：

1）通道 A 测量 CAN – H。

2）通道 B 测量 CAN – L。

3）通道 A 和通道 B 的零线坐标置于等高（黄色的零标志被绿色的零标志遮盖）。在同

一零坐标线下对电压值进行分析更为简便。

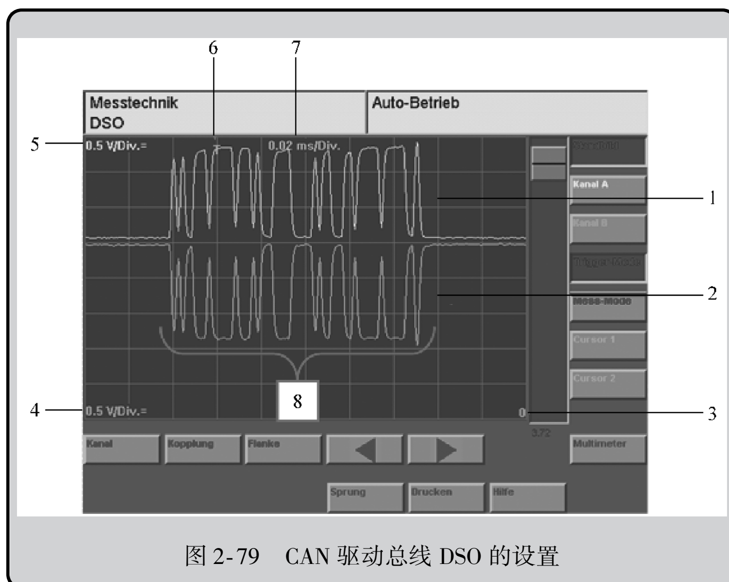


图 2-79　CAN 驱动总线 DSO 的设置

4）通道 B 的电压/单位的设定。在 0.5V/单位值的设定下，DSO 的显示较好，便于电压值的读取。

5）通道 A 的电压/单位的设定。在 0.5V/单位值的设定下，DSO 的显示较好，便于电压值的读取。

6）触发点的设定，它位于被测定信号的范围内。在 CAN－H 信号为 2.5～3.5V 之间，在 CAN－L 信号为 1.5～2.5V 之间。

7）时间单位值应尽可能选择得小一些，最小的时间单位值为 0.02ms/单位。DSO 没有更小的时间单位，为此要显示 CAN 驱动总线信号中单一比特是不可能的。

8）此范围显示为一条信息。

当故障存储记录“CAN 驱动总线故障”时，用 DSO 进行检测是必要的，可以确定故障点的位置以及故障引发的原因。CAN 驱动总线的故障类型主要有：

1. CAN－H 与 CAN－L 短路

图 2-80 为 CAN－H 与 CAN－L 短路时的故障波形。电压置于隐性电压值（大约为 2.5V）。通过插拔 CAN 驱动总线上的控制单元可以判断是由于控制单元引起的短路还是由于 CAN－H 和 CAN－L 线路连接引起的短路。如为线路短路引起的短路，需将 CAN 线组（CAN－H 和 CAN－L）从线节点处依次拔出，同时注意 DSO 的图形。当故障线组被取下后，DSO 的图形恢复正常。

2. CAN－H 对正极短路

图 2-81 为 CAN－H 对正极短路时的故障波形。CAN－H 线的电压电位被置于 12V，CAN－L线的隐性电压被置于大约 12V。这是由于在控制单元的收发器内的 CAN－H 和 CAN－L 的内部错接引起的。该故障的判断方法与故障 1 相同。

3. CAN－H 对地短路

图 2-82 为 CAN－H 对地短路时的故障波形。CAN－H 的电压位于 0V，CAN－L 的电压

也位于 0V。但在 CAN－L 线上还能够看到一小部分的电压变化。该故障的判断方法与故障 1 相同。

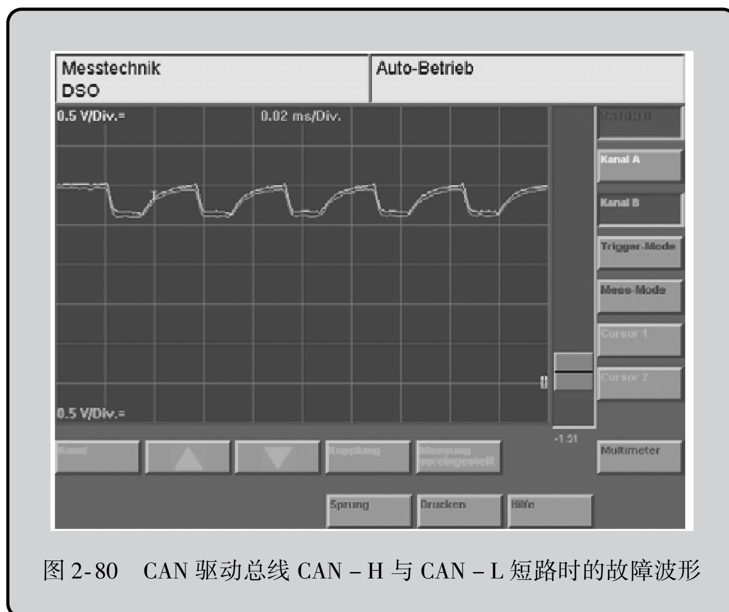


图 2-80　CAN 驱动总线 CAN－H 与 CAN－L 短路时的故障波形

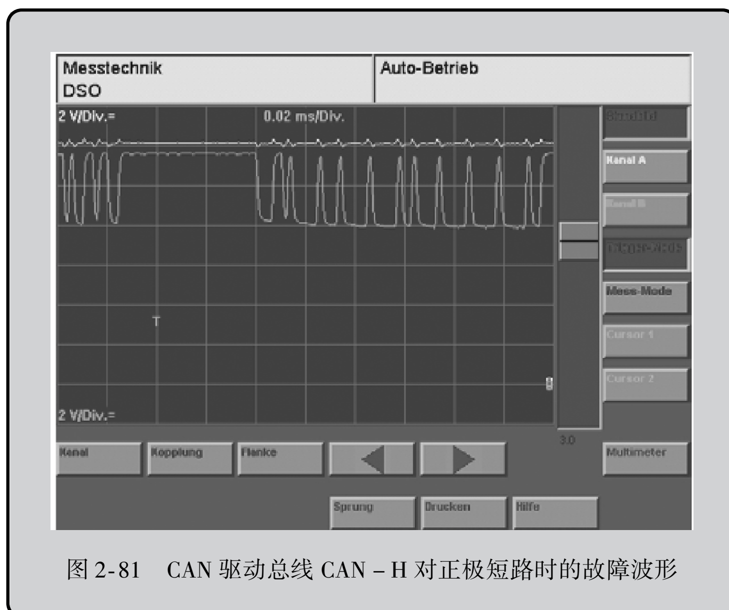


图 2-81　CAN 驱动总线 CAN－H 对正极短路时的故障波形

4. CAN－L 对地短路

图 2-83 为 CAN－L 对地短路时的故障波形。CAN－L 的电压大约为 0V，CAN－H 线的隐性电压也被降至 0V。该故障的判断方法与故障 1 相同。

5. CAN－L 对正极短路

图 2-84 为 CAN－L 对正极短路时的故障波形。两条总线电压都大约为 12V。该故障的判断方法与故障 1 相同。

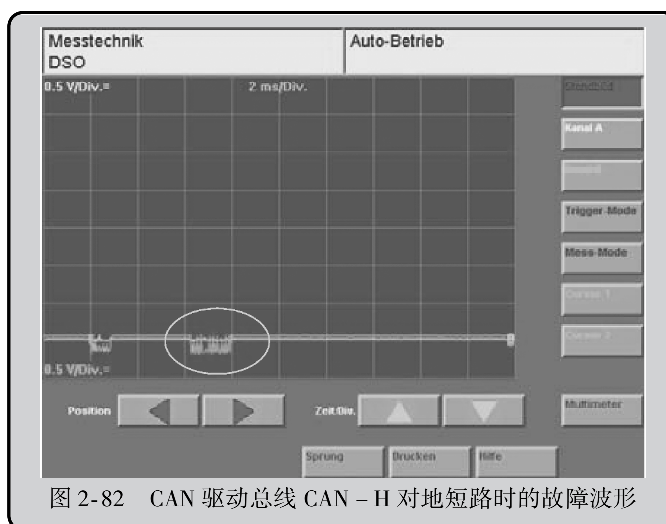


图 2-82　CAN 驱动总线 CAN – H 对地短路时的故障波形

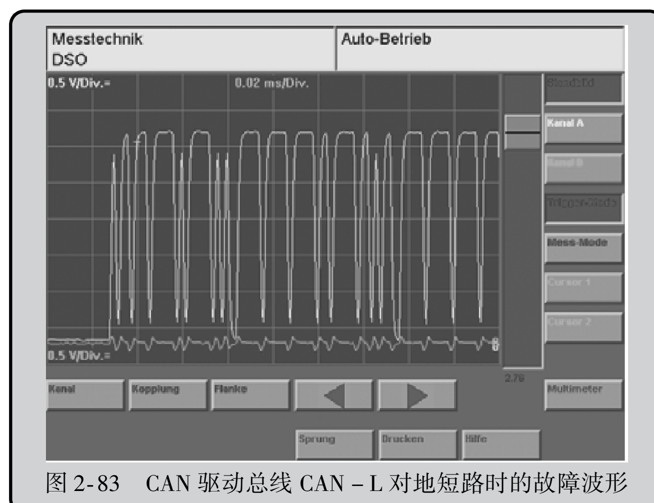


图 2-83　CAN 驱动总线 CAN – L 对地短路时的故障波形

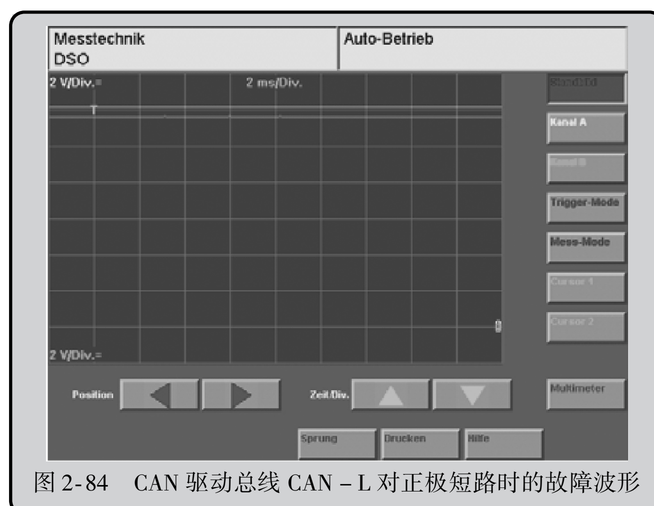


图 2-84　CAN 驱动总线 CAN – L 对正极短路时的故障波形

6. CAN－H 断路

图 2-85 为 CAN－H 断路时的故障波形

7. CAN－L 断路

图 2-86 为 CAN－L 断路时的故障波形

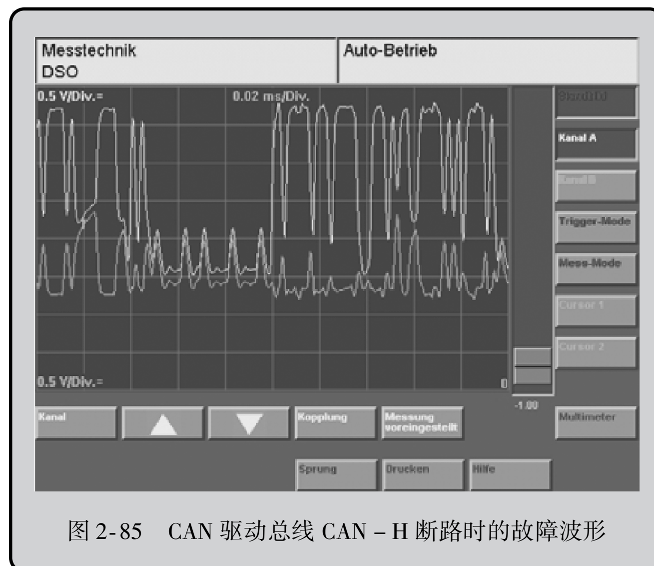


图 2-85　CAN 驱动总线 CAN－H 断路时的故障波形

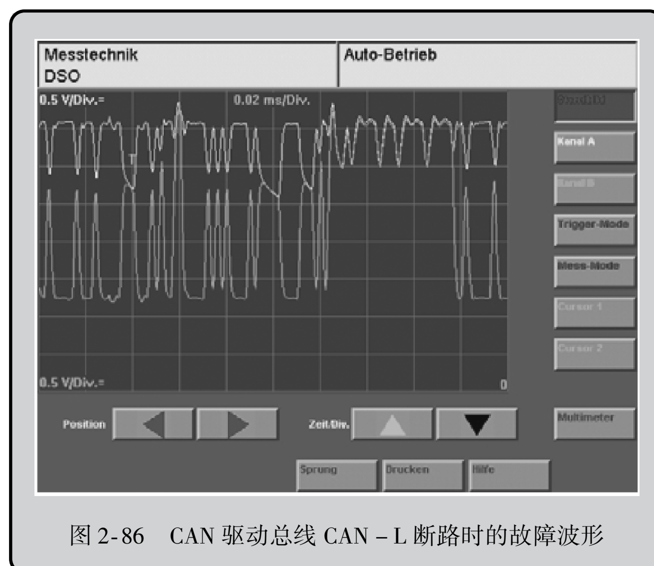


图 2-86　CAN 驱动总线 CAN－L 断路时的故障波形

2-55　如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 舒适总线进行故障波形分析?

如图 2-87 所示，**用测量导线连接中央舒适电器控制单元、测试盒和 DSO 示波器。两条 CAN 数据总线各自通过一个通道进行测量。**通过 DSO 图形的分析可以很容易地发现故障。由于需要单一的电压测量值，CAN 舒适总线采用双通道测量是必要的。CAN 舒适总线采用

该形式的连接可以简单地判定“单线工作”故障。

如图2-88所示，对DSO示波器设置如下（图中标号与下面的序号对应）：

1）通道A和通道B的零坐标线等高，通道A的零标志被通道B所掩盖。在读取数值时，可以将零线相互分开。

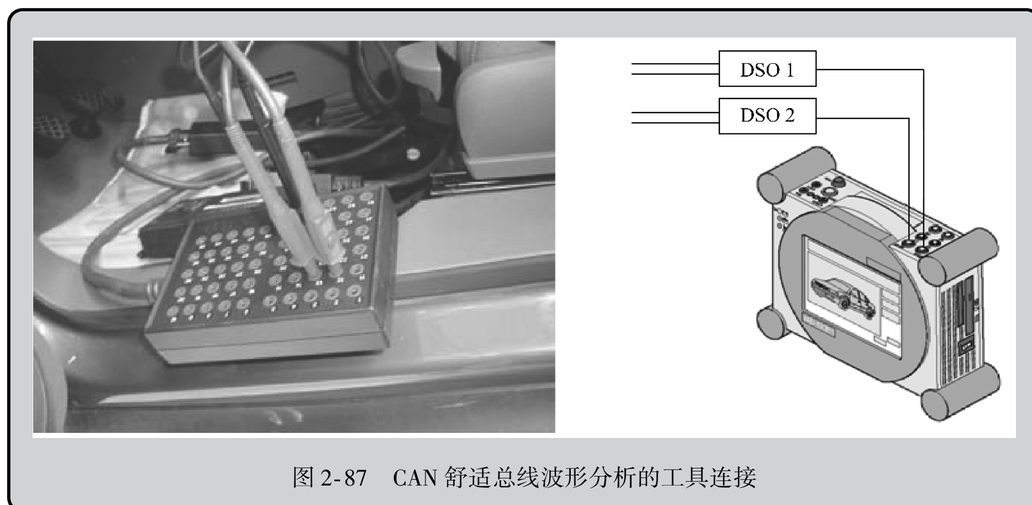


图2-87 CAN舒适总线波形分析的工具连接

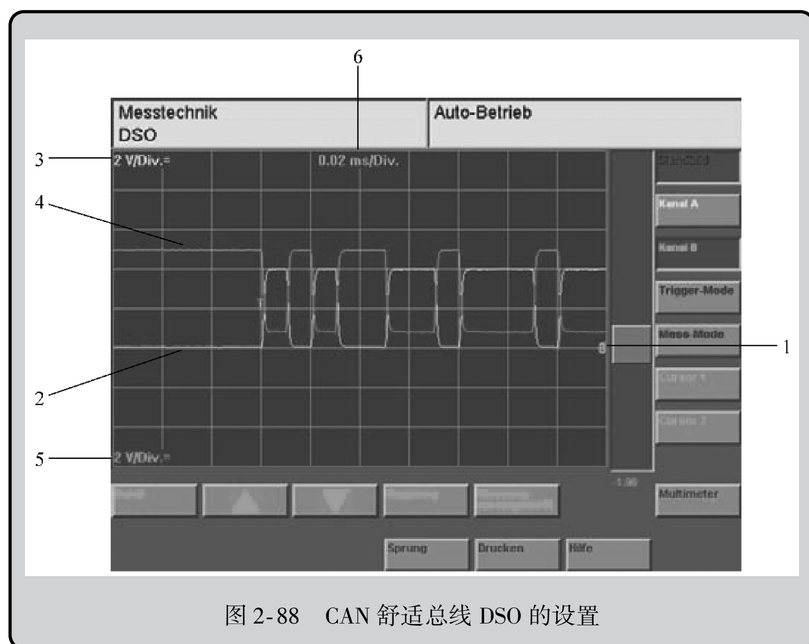


图2-88 CAN舒适总线DSO的设置

2）通道A显示CAN－H。

3）通道A电压/单位的设定。该电压单位值应被选取，这样DSO的显示较好，便于电压值的读取。

4）通道B显示CAN－L。

5）通道B电压单位值的设定应与通道A相符，以便于电压电位的比较分析。

6）时间单位值应尽可能选取得小。由于CAN舒适总线的比特周期较长（10s），所以

在 DSO 内可以显示一个比特。

CAN 舒适总线电压电位与 CAN 驱动总线显示有所不同。在 CAN 舒适总线的 CAN－L 线隐性电位高于 CAN－H 线。CAN－H 线的显性电位高于 CAN－L 线。为了读取数值最好将两条零线分开。

当故障存储记录“CAN 舒适总线故障”时，用 DSO 进行检测是必要的，可以确定故障点的位置以及故障引发的原因。此外，CAN 舒适总线具有单线工作能力。这意味着在故障存储记录中有“CAN 舒适总线单线工作”故障时，可以用 DSO 进行检测，确定两条 CAN 数据总线中哪一条有故障。

CAN 舒适总线的故障类型主要有：

1. CAN－H 与 CAN－L 短路

图 2-89 为 CAN 舒适总线 CAN－H 与 CAN－L 短路时的故障波形。CAN－H 和 CAN－L 的电压电位相同。CAN－H 与 CAN－L 之间短路影响所有的 CAN 舒适总线。CAN 舒适总线因此而单线工作。这意味着，通信仅为一条线路的电压起作用。控制单元利用该电压对地的值确定传输数据。通过设置，可以看出来 CAN－L 线和 CAN－H 线的电压是相同的。

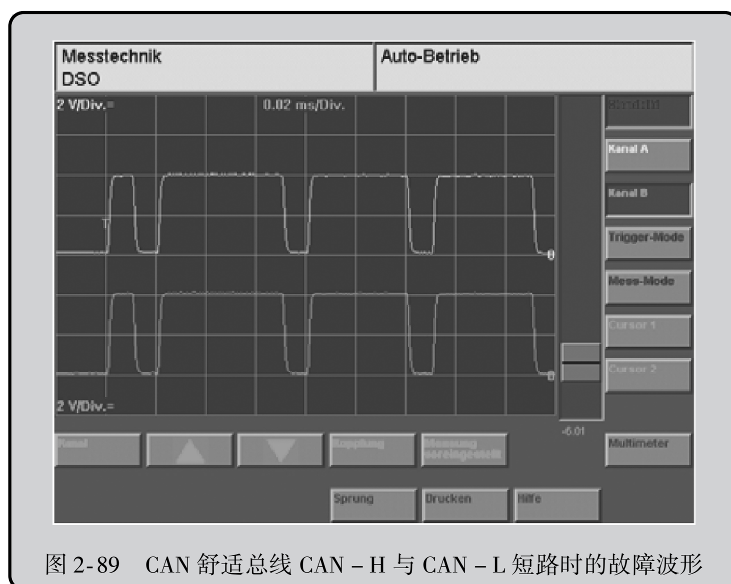


图 2-89　CAN 舒适总线 CAN－H 与 CAN－L 短路时的故障波形

2. CAN－H 对正极短路

图 2-90 为 CAN－H 对正极短路时的故障波形。CAN－H 线的电压大约为 12V 或者蓄电池电压。CAN－L 线的电压正常。在该故障情况下，所有 CAN－舒适总线变为单线工作。

3. CAN－H 对地短路

图 2-91 为 CAN－H 对地短路时的故障波形。CAN－H 的电压置于 0V，CAN－L 的电压正常。在该故障情况下，所有 CAN－舒适总线变为单线工作。该故障波形可能容易被认为是由于断损的 CAN－H 引起的，但断损的线的波形与之不同。

4. CAN－L 对地短路

图 2-92 为 CAN－L 对地短路时的故障波形。CAN－L 的电压置于 0V，CAN－H 的电压正常。在该故障情况下，所有 CAN－舒适总线变为单线工作。该故障波形可能容易被认为

是由于断损的 CAN－L 引起的，但断损的线的波形与之不同。

5. CAN－L 对正极短路

图 2-93 为 CAN－L 对正极短路时的故障波形。CAN－L 线的电压大约为 12V 或者蓄电池电压。CAN－H 线的电压正常。在该故障情况下，所有 CAN－舒适总线变为单线工作。

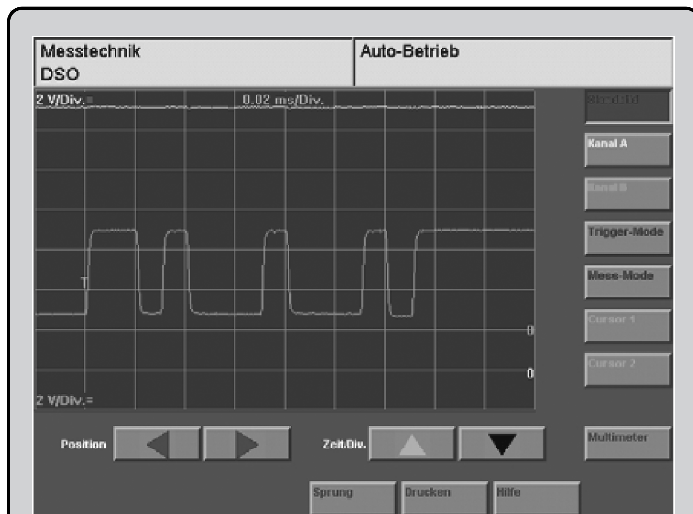


图 2-90　CAN 舒适总线 CAN－H 与 CAN－L 短路故障时的波形

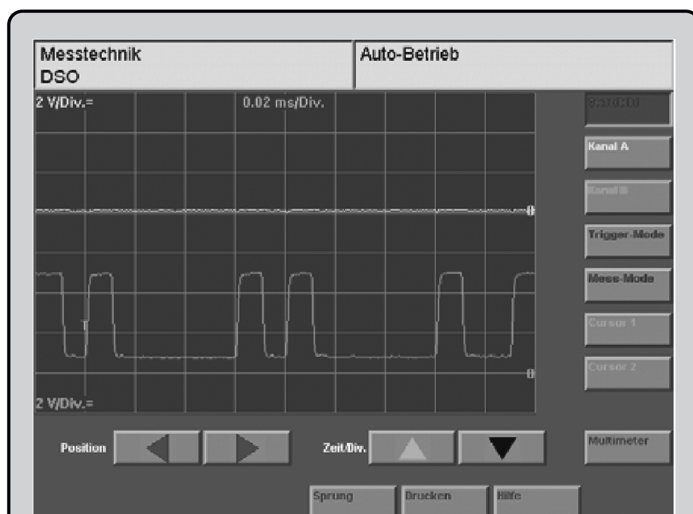


图 2-91　CAN－H 对地短路故障时的波形

6. CAN－L 断路

图 2-94 为 CAN－L 断路时的故障放大波形。CAN－H 线电压正常，在 CAN－L 线上为 5V 的隐性电压和一个比特的 1V 显性电压。若一个信息内容被正确地接收，则控制单元发送这个显性电压。“A”部分是信息的一部分，该信息被一个控制单元发送。在“B”时间点接收到正确的信息内容，则接收控制单元用一个显性的电压给予答复。在“B”时间点因

为收到正确的信息，则所有控制单元都同时发送一个显性的电压，正因为如此，该比特的电位差要大一些。

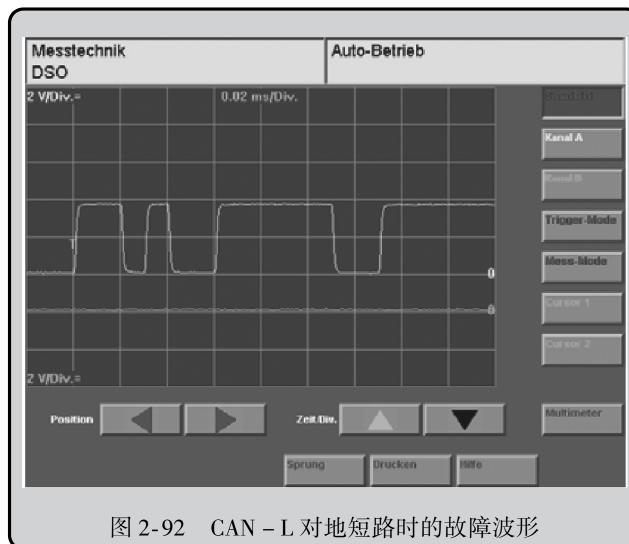


图 2-92　CAN－L 对地短路时的故障波形

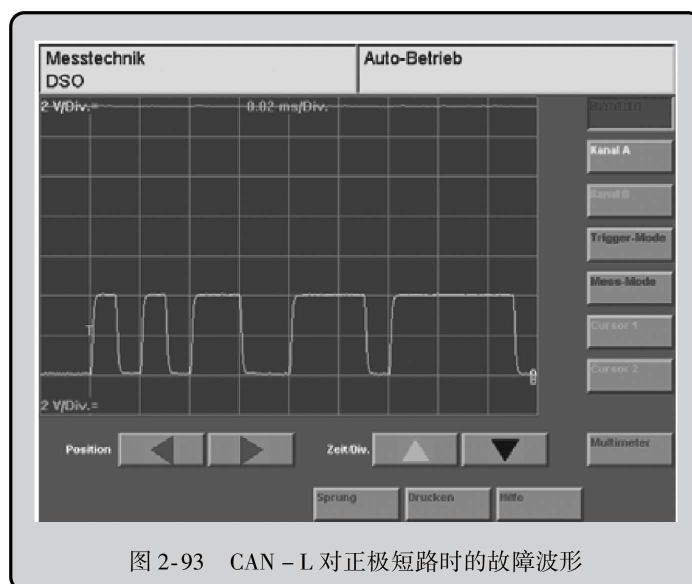


图 2-93　CAN－L 对正极短路时的故障波形

图 2-95 同样是 CAN－L 断路时的故障波形，但是用较大的时间单位值显示。这里可以看出，信息 1 仅在 CAN－H 线上被发送，但是在 CAN－L 线上的“A”处也给予确认答复。同样信息 2 在 B 处给予答复。信息 3 在两条线被发送，CAN－L 显示信息 3 的电压电位。A、B、D 为单线工作，C 为双线工作。

如图 2-96 所示，控制单元 1 发送一条信息，因为线路断路，所以其他的控制单元仅能够单线接收。(见图 2-95 的 1、2 和 4)。通过对控制单元 4 连接测量，DSO 显示控制单元 1 的发送为单线工作。控制单元 2、3、4、5 和 6 对接收给予确认答复，在 DSO 的两个通道上都有显示（见图 2-95 的 A、B、D)。

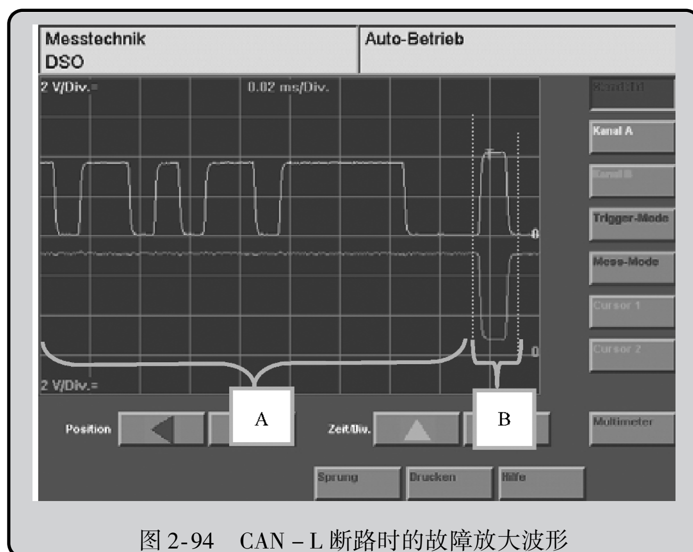


图 2-94　CAN－L 断路时的故障放大波形

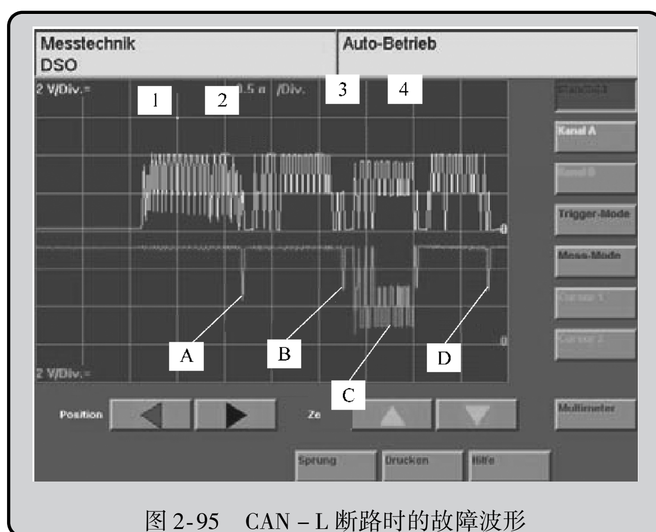


图 2-95　CAN－L 断路时的故障波形

这说明这些控制单元之间没有线路断路的情况。例如：控制单元 2 发送一个信息，所有控制单元接收该信息，该信息被双线工作传送（见图 2-95 中的 DSO 信息 3 和位置 C）。控制单元 1 为单线接收。

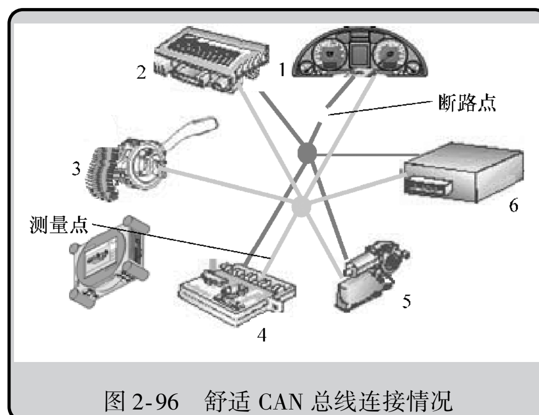


图 2-96　舒适 CAN 总线连接情况

7. CAN－H 断路

图 2-97 为 CAN－H 断路时的故障波形。

以上的短路故障都是没有电阻连接的直接线路短路。在实际中经常出现线束破损导致的短路。破损的线束靠近接地或者

正极，经常还带有潮气，这将使该处产生连接电阻。以下介绍的故障是有连接电阻情况的短路。

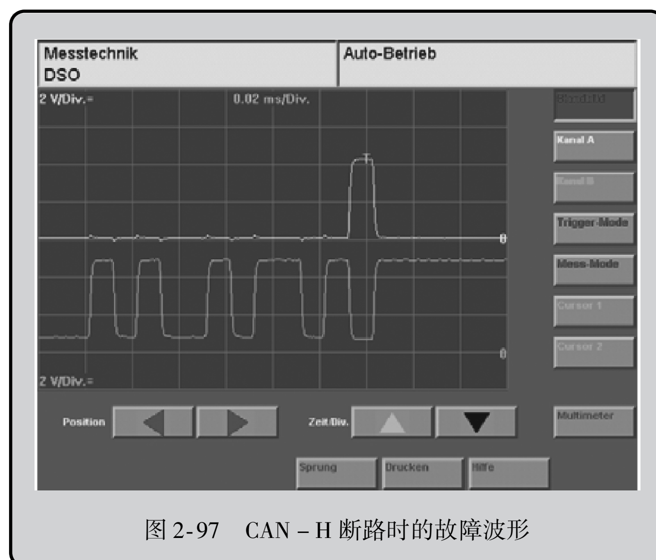


图 2-97 CAN－H 断路时的故障波形

8. CAN－H 对正极通过连接电阻短路

图 2-98 为 CAN－H 对正极通过连接电阻短路时的故障波形。CAN－H 线的隐性电压拉向正极方向。在 DSO 上可以看出，CAN－H 隐性电压大约为 1.8V，正常应约为 0V。该 1.8V 电压是由于连接电阻引起的，电阻越小则隐性电压越大。在没有连接电阻的情况下，该电压为蓄电池电压。

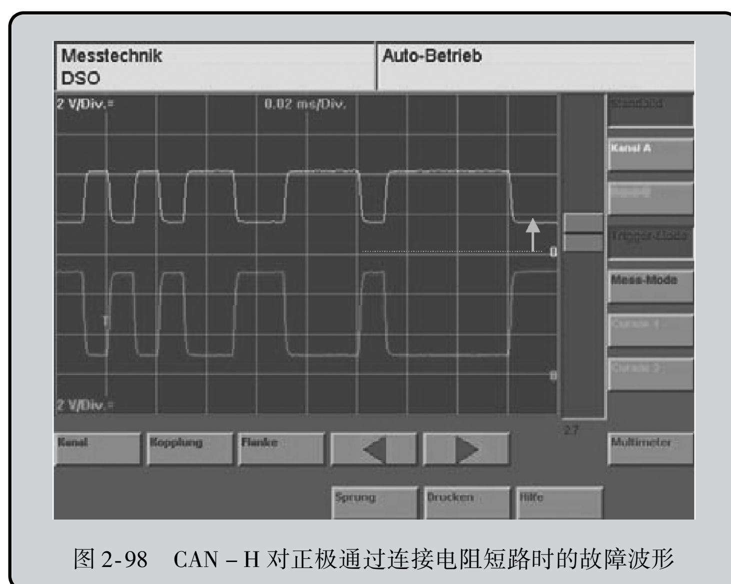


图 2-98 CAN－H 对正极通过连接电阻短路时的故障波形

9. CAN－H 通过连接电阻对地短路

图 2-99 为 CAN－H 通过连接电阻对地短路时的故障波形。CAN－H 的显性电位移向接地方向。在 DSO 的图形上可以看出，CAN－H 的显性电压大约为 1V，正常大约为 4V。1V

的电压受连接电阻影响，电阻越小，则显性电压越小。在没有连接电阻的情况下短路，则该电压为0V。

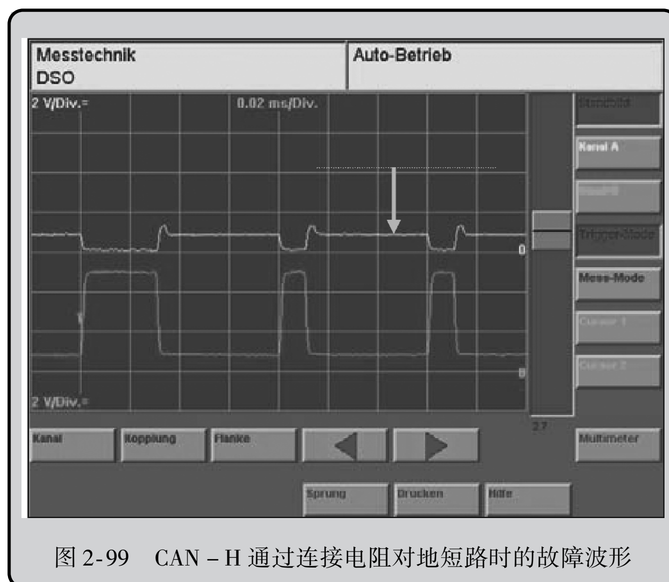


图 2-99　CAN－H 通过连接电阻对地短路时的故障波形

10. CAN－L 对正极通过连接电阻短路

图 2-100 为 CAN－L 对正极通过连接电阻短路时的故障波形。CAN－L 线的隐性电压拉向正极方向。在 DSO 上可以看出，CAN－L 隐性电压大约为 13V，正常应约为 5V。该 13V 电压是由于连接电阻引起的，电阻越小则隐性电压越大。在没有连接电阻的情况下，该电压为蓄电池电压。

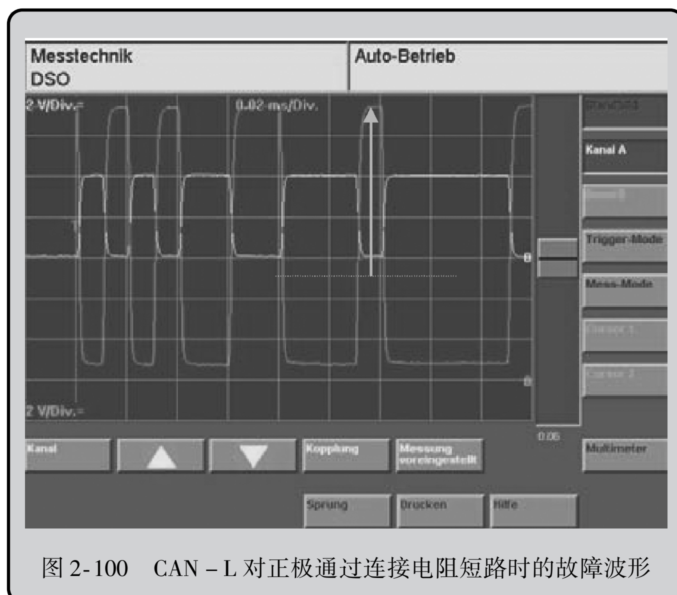


图 2-100　CAN－L 对正极通过连接电阻短路时的故障波形

11. CAN－L 通过连接电阻对地短路

图 2-101 为 CAN－L 通过连接电阻对地短路时的故障波形。CAN－L 线的隐性电压

拉向 0V 方向。在 DSO 上可以看出，CAN－L 隐性电压大约为 3V，正常应约为 5V。该 3V 电压是由于连接电阻引起的。电阻越小则隐性电压越小。在没有连接电阻的情况下，该电压为 0V。

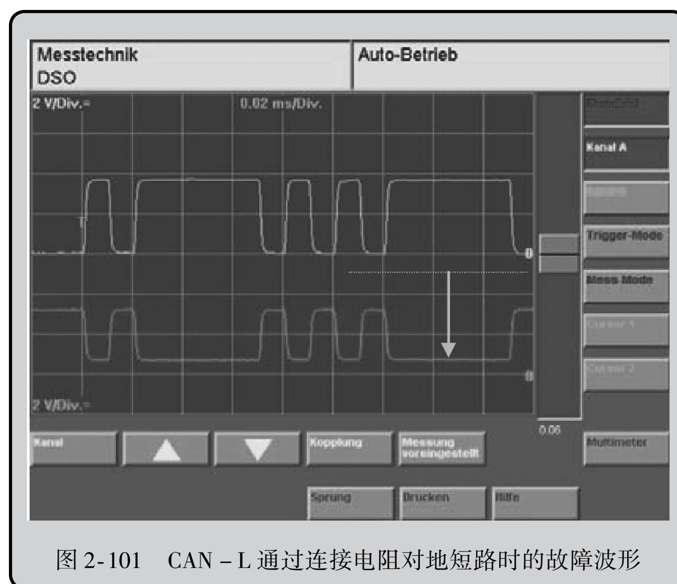


图 2-101　CAN－L 通过连接电阻对地短路时的故障波形

12. CAN－H 与 CAN－L 之间通过连接电阻短路

图 2-102 为 CAN－H 与 CAN－L 之间通过连接电阻短路时的故障波形。在短路的情况下，CAN－H 与 CAN－L 的隐性电压相互接近。CAN－H 的隐性电压大约为 1V，正常值为 0V，CAN－L 的电压大约为 4V，正常值为 5V。CAN－H 与 CAN－L 的显性电压电位为正常。

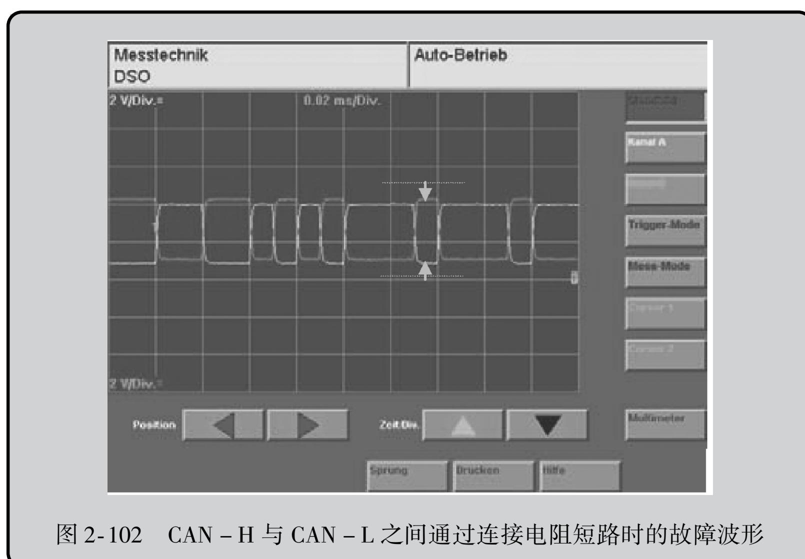


图 2-102　CAN－H 与 CAN－L 之间通过连接电阻短路时的故障波形

2-56 如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线的终端电阻进行检测?

一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线的终端电阻装在系统的两个控制单元内。终端电阻阻止 CAN 总线信号在数据总线上产生变化电压的反射。若终端电阻出现故障，则因为线路的反射影响，控制单元的信号无效。**若用 DSO 进行 CAN 总线信号的测量时，该信号与标准信号不相符，则可能为终端电阻损坏。**

在 CAN 驱动总线上的终端电阻可以用万用表进行测量，但是在 CAN 舒适总线上不能用万用表测量。为了测量两个终端电阻，使用 VAS505x 的万用表功能，首先安装好测量连线，如图 2-103 所示。

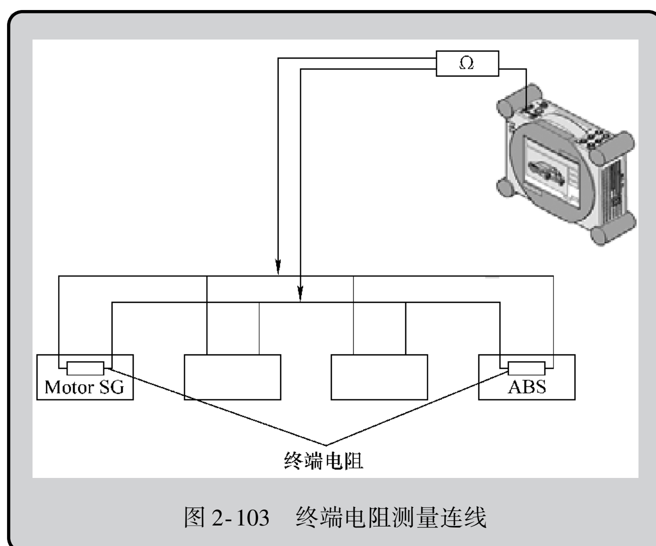


图 2-103 终端电阻测量连线

终端电阻的测量步骤如下：

1）将蓄电池的电极线拔下。

2）等待大约 5min，直到所有的电容器都充分放电。

3）连接测量仪器并测量总阻值。

4）将一个带有终端电阻控制单元的插头拔下来。

5）检测总的阻值是否发生变化。

6）第一个控制单元（带有终端电阻）的插头连接好，再将第二个控制单元的插头拔下来。

7）检测总的阻值是否发生变化。

8）分析测量结果。

CAN 驱动总线中，带有终端电阻的两个控制单元是并联的。测量的结果是每一个终端电阻大约为 120Ω，总的阻值约为 60Ω（见图 2-104）。通过该测量可以得出判断，终端电阻连接是正常的。

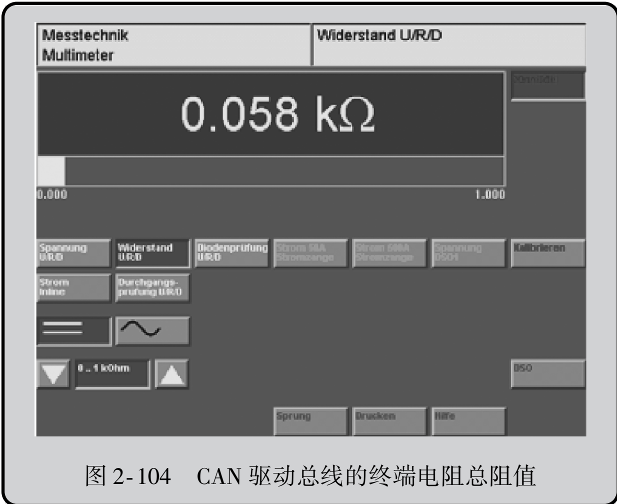


图 2-104　CAN 驱动总线的终端电阻总阻值

在总的阻值测量后，将一个带有终端电阻控制单元的插头拔下，显示的阻值发生变化，这是一个控制单元的终端电阻测量值，如图 2-105 所示。如在一个带有终端电阻控制单元的插头拔下后测量的阻值没有发生变化，则说明系统中存在问题，即被拔下的控制单元的终端电阻可能损坏或者是 CAN 总线出现断路。如果在拔取控制单元后显示的阻值变得无穷大，则可能是连接中的控制单元终端电阻损坏，或者是到该控制单元的 CAN 总线出现故障。

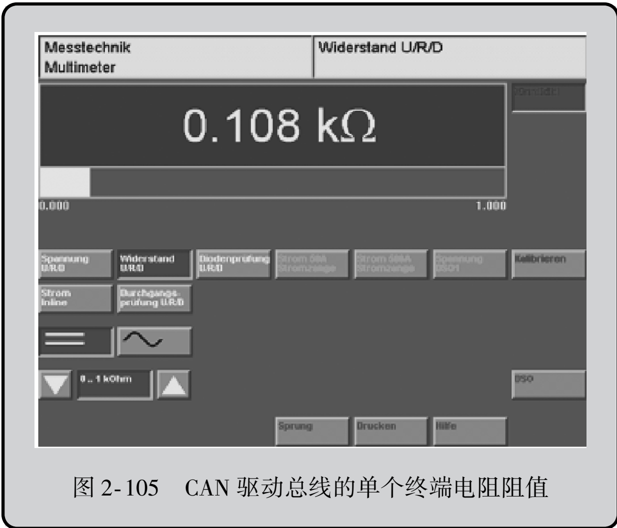


图 2-105　CAN 驱动总线的单个终端电阻阻值

2-57　一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 总线的常见故障类型与可能原因有哪些?

表 2-5 为 CAN 驱动总线的常见故障类型与可能原因。

表 2-5　CAN 驱动总线的常见故障类型与可能原因

故障源	故障类型	可能原因
CAN 驱动总线	没有通信	控制单元不能够接收数据 CAN 总线断路 在 CAN 驱动总线上安装错误或者有故障的控制单元 一个控制单元出现 Time－out（功能信息故障时间大于 500ms） 控制单元的软件状态不匹配
	失效	在故障存储记录中，一个控制单元连续出现两次总线关闭状态（既不发送 CAN 信息又不接收 CAN 信息） 控制单元故障
	硬件故障（该故障仅存在于发动机控制单元和变速器控制单元）	在故障存储记录中，一个控制单元连续出现两次总线关闭状态（既不发送 CAN 信息又不接收 CAN 信息） 控制单元故障 错误控制单元 发动机和变速器之间的线路断路或者短路 CAN 总线短路
	缺少从×××控制单元（如组合仪表）传来的信息	CAN 总线断路或者短路 在拔下变速器控制单元插头的情况下打开点火开关 控制单元错误或者有故障
	不可靠信号	仅接收到一个控制单元信息内容的一部分 CAN 线断路或者短路 控制单元错误或者有故障 一条信息出现 Time－out
	软件状态监控	控制单元故障 CAN 总线断路 在拔下变速器控制单元插头的情况下打开点火开关
	读取来自×××控制单元的故障存储（如空调）	在该控制单元上有故障
CAN 舒适总线	读取故障存储	在总线上至少有一个控制单元有一个故障记录

表 2-6 为 CAN 舒适总线的常见故障类型与可能原因。

表 2-6 CAN 舒适总线的常见故障类型与可能原因

故障源	故障类型	可能原因
CAN 舒适总线	故障	在故障存储记录中，一个控制单元连续出现两次总线关闭状态（既不发送 CAN 信息又不接收 CAN 信息）
	没有通信（或者没有信号）	没有接收信号记录持续 2s 超过 2s 未接收到执行一项功能所需从另一个控制单元获得的信息 只接收到所需信息的一部分内容，这个故障类型为“不可靠信号” 一个信息出现 Time – out
	单线工作	CAN 总线单线工作超过 2s CAN 线断路 CAN 线短路
	电路电器故障	CAN 总线单线工作超过 2s 整体单线工作（断路） 所有控制单元都处于单线工作状态
	断路	单线 – 断路状态（没有短路） CAN 线断路 一个控制单元处于单线工作状态
	没有通信	至少 2s 没有接收信号 一个控制单元没有接收到另一个控制单元的网络管理信息
控制单元×××（如电器网络控制单元）	没有通信	超过 2s 未接收到执行一项功能所需从另一个控制单元获得的信息 该控制单元出现 Time – out
	读取故障存储记录	CAN 信息的发送控制单元，信息内容标明为故障信息，并有故障存储记录 每一个利用该信息的接收控制单元因此进入应急工作状态，在发送控制单元有警告提示 在控制单元内的故障存储
CAN 驱动总线	读取故障存储记录	在 CAN 驱动总线上的一个控制单元有故障记录

2-58 如何使用数字万用表对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行系统故障诊断?

一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线上最常见的故障可使用数字万用表的电阻表功能来检测。图 2-106 是使用数字万用表检测的步骤。

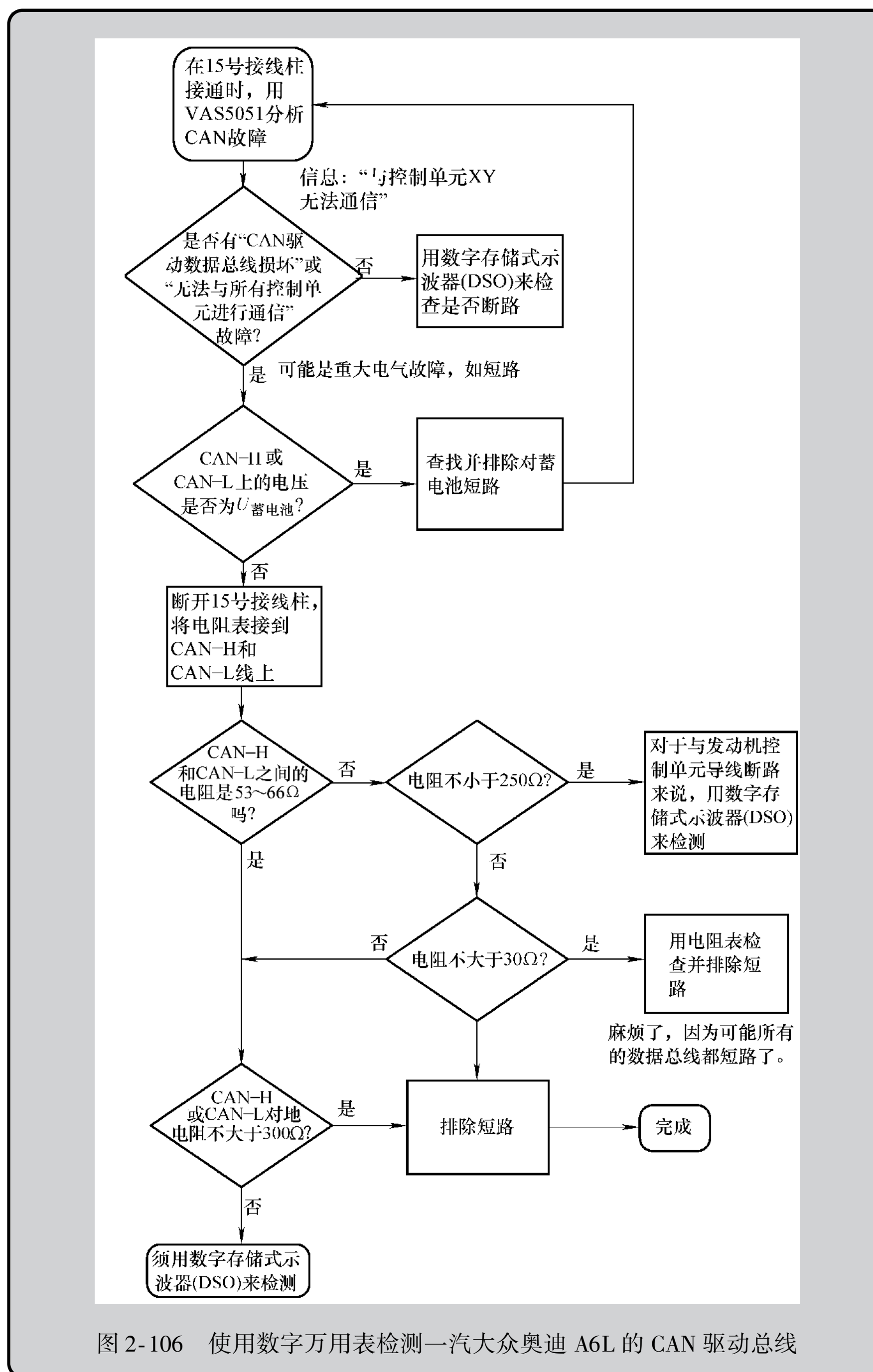


图 2-106　使用数字万用表检测一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线

2-59　如何使用 VAS5051 诊断仪对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线进行系统故障诊断?

在一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线上，疑难的故障可使用 VAS5051 诊断仪来检测。

图 2-107 为使用 VAS5051 诊断仪检测的步骤。

用VAS5051
分析CAN故障
信息：“与控制单元XY
无法通信”
是否有
“CAB驱动数据
总线”故障？
否
只涉及
一个控制单元？
是
检查
插头
针脚弯曲、异物
和锈蚀
CAN故障依旧
出现？
否
完成
是
读出CAN驱动数据
总线上所有用户的
故障存储器内容
检查涉及的
控制单元插头
检查CAN-H线、
CAN-L线与下
一个控制单元
重大电气故障，
如短路
涉及多个控制单元，所以
数据总线极有可能有故障
必要时
排除故障
CAN故障依旧
出现？
完成
CAN故障依旧
出现？
CAN故障依旧
出现？
更换控制单元
将数字存储式示
波器(DSO)接到
CAN-H和CAN-L
DSO是否显
示ISO故障图像？
DSO是否
显示“互换”故
障图像？
确定无检测故障
用电阻表查找并排
除短路或断路故障
用电阻表查找并
排除“互换”故障
结束

图 2-107　使用 VAS5051 检测一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 驱动总线

2-60 如何对一汽大众奥迪 A6L 的 CAN 数据线进行维修?

在对 CAN 总线进行诊断检查时，为了确定故障有时需要从线连接点上分开一个控制单元。为了不破坏线连接点，就需要断开通向该控制单元的 CAN 总线。

如图 2-108 所示，**在 CAN 数据线维修时，要求断开线点距离线连接点至少 100mm，在查询到故障后该线束需要进行维修。焊接维修部位并用胶带包裹焊接部位，维修部位不得进行旁通连接。旁通连接可能导致绞接的线束分离，从而丧失绞线的特性，出现 CAN 通信故障。**

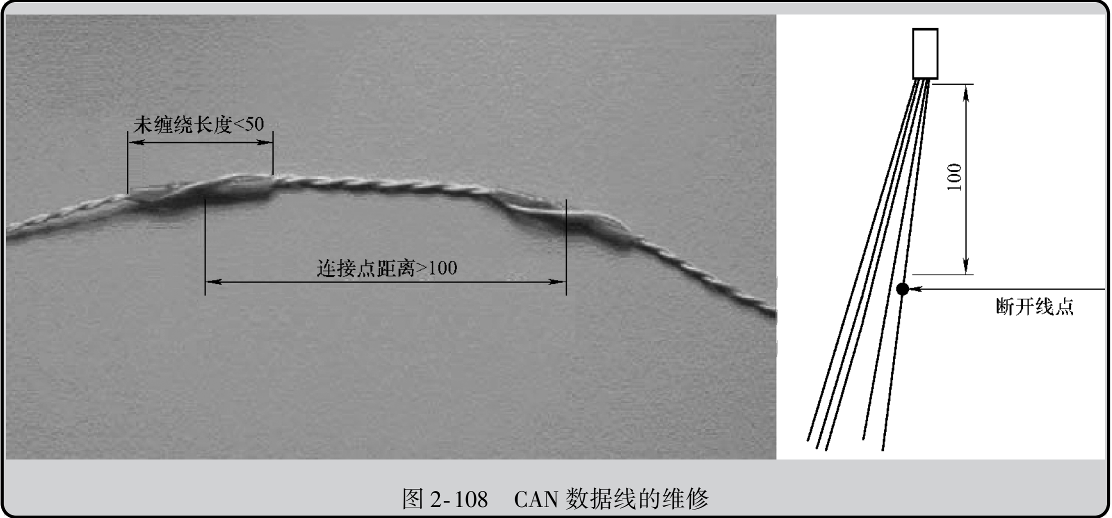


图 2-108 CAN 数据线的维修

2-61 日产天籁的 CAN 网有何特点?

图 2-109 为日产天籁 CAN 网的组成。

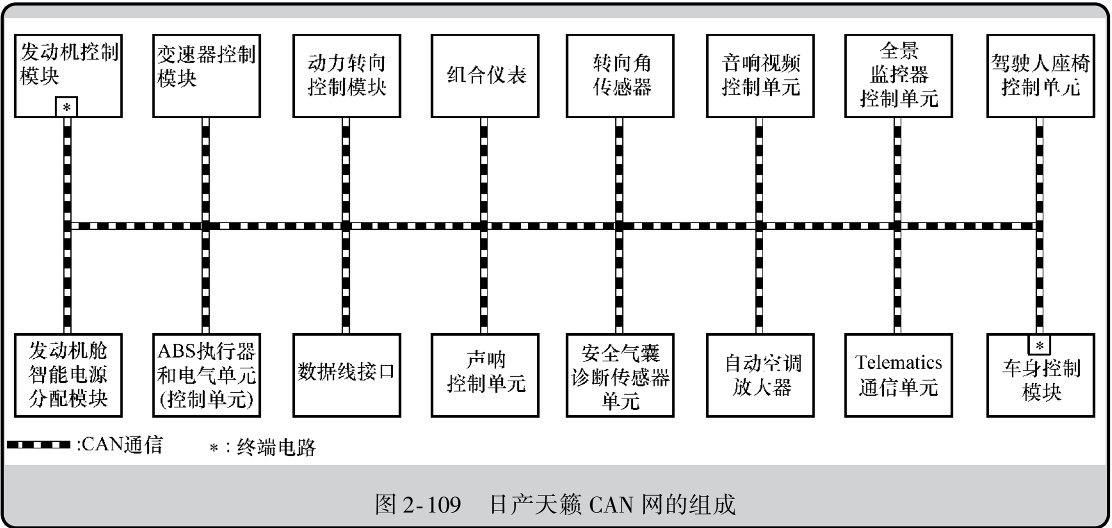


图 2-109 日产天籁 CAN 网的组成

各控制单元在车上的位置如图 2-110 所示。

图 2-111 为日产天籁 CAN 总线的结构示意图，**主线是指分接点之间的 CAN 通信电路；支线是指分接点与一个控制单元之间的 CAN 通信电路；分接点是指一条分线与一条主线的连接点；终端电路是指与 CAN 通信系统连接的电路（电阻器）。**

如图 2-112 所示，日产天籁的 CAN 网具备较高的数据通信速度和很强的检错能力。各控制单元之间相互连接、共享信息。在 CAN 通信中，控制单元由两条通信线路（CAN－H 线路、CAN－L 线路）连接，进行高速率的信息传送。各控制单元都能够发送/接收数据，但仅选择性地读取所需要的数据。端子电路（电阻器）在 CAN 通信系统上跨接。**发送 CAN 通信信号时，各控制单元通电流至 CAN－H 线，该电流从 CAN－L 线返回。电流分别流过跨接在 CAN 通信系统的端子电路，该端子电路降低电压以便在 CAN－H 线和 CAN－L 线之间产生电位差。系统通过使用电位差产生用于信号通信的数字信号。**

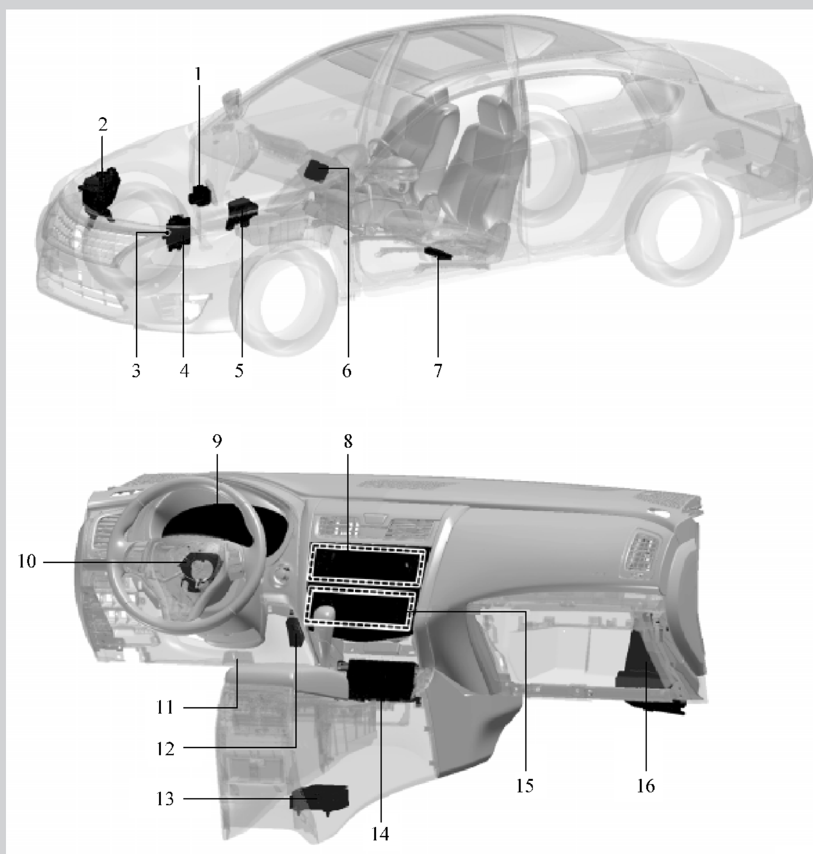


图 2-110　日产天籁的 CAN 网各控制单元位置图

1—ABS 执行器和电气单元（控制单元）　2—动力转向控制模块　3—变速器控制模块　4—发动机控制模块　5—发动机舱智能电源分配模块　6—车身控制模块　7—驾驶人座椅控制单元　8—音响视频控制单元　9—组合仪表　10—转向角传感器　11—数据接口　12—声呐控制单元　13—安全气囊诊断传感器单元　14—Telematics 通信单元　15—自动空调放大器　16—全景监视器控制单元

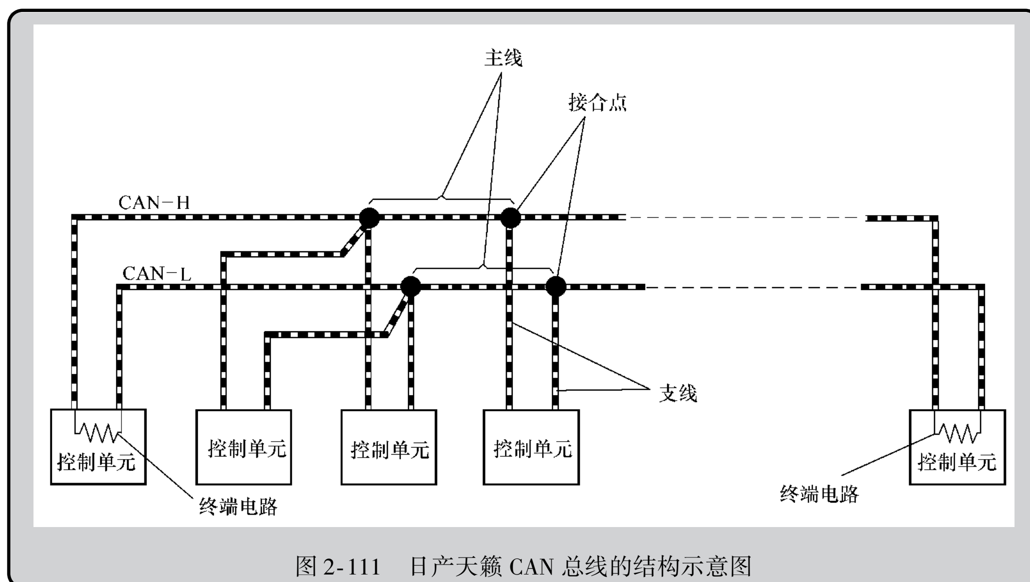


图 2-111　日产天籁 CAN 总线的结构示意图

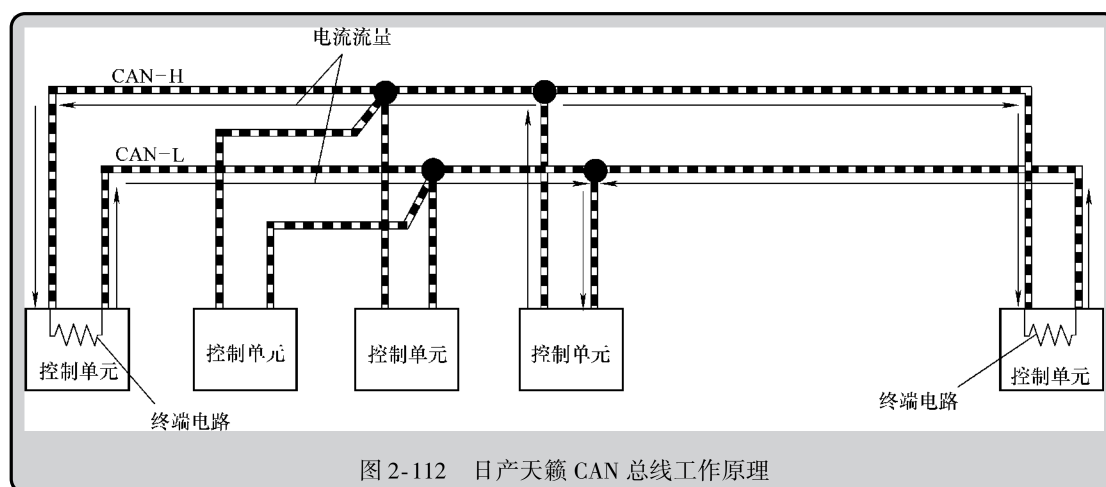


图 2-112　日产天籁 CAN 总线工作原理

如图 2-113 所示，CAN 通信控制电路合成于控制单元中，并发送或接收 CAN 通信信

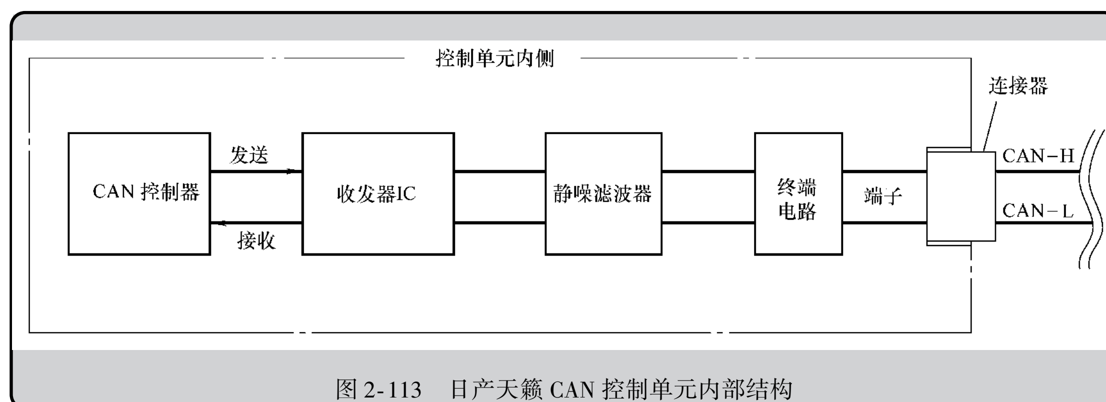


图 2-113　日产天籁 CAN 控制单元内部结构

号。CAN 控制器控制 CAN 通信信号的发送和接收、故障检测等。收发器 IC 将数字信号转化为 CAN 通信信号，并将 CAN 通信信号转化为数字信号。静噪滤波器消除了 CAN 通信信号的噪声。终端电路（电阻约为 120Ω）在 CAN－H 和 CAN－L 之间产生一个电位差。

表 2-7 为日产天籁 CAN 总线各控制单元相互通信的信号表，可作故障分析。

表 2-7　日产天籁 CAN 通信信号表

信号名称	ECM	ABS	EPS	IPDM－E	TCM	M&A	SONAR	STRG	A－BAG	AV	AVM	HVAC	TCU	ADP	BCM
ECO 模式指示灯信号	T					R						R			
ECO 踏板导向信号	T					R									
发动机冷却液温度信号	T				R	R					R	R			
发动机和 CVT 集成控制信号	T				R										
	R				T										
发动机机油压力警告信号	T					R									
发动机转速信号	T	R			R	R				R					
发动机状态信号	T	R	R	R		R				R	R		R		R
燃油消耗监测信号	T					R				R					
故障指示灯信号	T					R							R		
	R				T										
发电命令值信号	T			R											
ABS 工作信号		T			R										
ABS 警告灯信号		T				R							R		
制动警告灯信号		T				R									
						T							R		
TCS 操作信号	R	T			R										
VDC 故障信号		T									R				
VDC OFF 指示灯信号		T				R									
VDC 操作信号	R	T			R										
VDC 警告灯信号		T				R							R		
车速信号	R	T		R	R	R	R			R	R			R	R
	R		R	R		T				R		R		R	R
EPS 工作信号	R		T												
液压泵电动转向警告灯信号			T			R									
延迟开关信号				T		R								R	R
前刮水器停止位置信号				T											R
远光灯状态信号	R			T											
发动机罩开关信号				T											R
近光灯状态信号	R			T											
油压开关信号				T											R
						R							R		T

（续）

信号名称	ECM	ABS	EPS	IPDM－E	TCM	M&A	SONAR	STRG	A－BAG	AV	AVM	HVAC	TCU	ADP	BCM
按钮式点火开关状态信号				T											R
后车窗除雾器控制信号	R			T											
				R											T
休眠－就绪信号				T											R
						T									R
唤醒信号				T											R
						T									R
起动机继电器状态信号				T											R
						R									T
转向锁单元状态信号				T											R
转向锁继电器信号				R											T
				T											R
当前档位信号		R			T										
ECO 模式信号	R				T										
输入轴转速信号	R				T										
手动模式降档拒绝信号					T	R									
N 档信号		R			T										R
输出轴转速信号	R				T										
P 档信号		R			T										R
R 档信号		R			T										
档位信号		R			T	R	R			R	R			R	R
远动模式指示灯信号①					T	R									
制动液液位开关信号		R				T									
燃油耗尽距离（DTE）						T				R					
ECO 模式开关信号					R	T									
低燃油液位警告信号						T				R					
燃油油位传感器信号	R					T									
翘板开关降档信号②					R	T									
翘板开关升档信号②					R	T									
市场信息信号						T				R					
驻车制动开关信号		R				T									
安全带扣环开关信号						T									R
运动模式开关信号①					R	T									
系统选择信号						T					R				
系统设置信号						T	R								

（续）

信号名称	ECM	ABS	EPS	IPDM－E	TCM	M&A	SONAR	STRG	A－BAG	AV	AVM	HVAC	TCU	ADP	BCM
驻车传感器故障信号						R	T								
声呐指示灯信号						R	T				R				
转向角传感器信号		R	R					T		R	R				
转向角传感器故障信号			R					T							
车辆碰撞信息信号									T				R		
减震状态信号									T						R
摄像头 OFF 信号										T	R				
摄像头开关信号										T	R				
蜂鸣器输出信号						R					T				
						R									T
仪表显示信号						R					T				
						R									T
视角改变信号										R	T				
A/C ON 信号	R											T			
环境传感器信号						R					R	T			
鼓风机风扇 ON 信号	R											T			
变暗信号						R					R				T
车门锁状态信号													R		T
车门开关信号				R		R				R	R			R	T
前雾灯请求信号				R		R									T
前刮水器请求信号				R											T
前照灯清洗器请求信号				R											T
远光灯请求信号				R		R									T
喇叭提醒器信号				R											T
点火开关信号														R	T
点火开关 ON 信号				R											T
				T											R
钥匙警告信号						R									T
互锁/PNP 开关信号				R											T
				T		R									R
近光灯请求信号				R		R									T
轮胎气压低警告灯信号						R									T
仪表环照明请求信号						R									T
位置灯请求信号				R		R									T
后雾灯状态信号						R									T

（续）

信号名称	ECM	ABS	EPS	IPDM – E	TCM	M&A	SONAR	STRG	A – BAG	AV	AVM	HVAC	TCU	ADP	BCM
装运模式状态信号						R									T
休眠唤醒信号				R		R							R	R	T
起动机控制继电器信号				R											T
起动模式信号														R	T
制动灯开关信号					R										T
防盗警告喇叭请求信号				R											T
轮胎气压数据信号						R				R					T
TPMS 故障警告灯信号						R									T
行李箱开关信号						R				R	R		R		T
转向指示灯信号						R				R	R				T
A/C 压缩机请求信号	T			R											
空调切断控制信号	T											R			
加速踏板位置信号	T	R			R					R					
ASCD 工作信号	T				R										
ASCD 状态信号	T					R									
节气门关闭位置信号	T				R										
冷却风扇速度请求信号	T			R											

① MR20DE 车型。

② QR25DE 车型。

注：表中 T—发送，R—接收，ECM—发动机控制模块，ABS—防抱死控制模块，EPS—动力转向控制模块，IPDM – E—发动机舱智能电源分配模块，TCM—变速器控制模块，M&A—组合仪表，SONAR—声呐控制单元，STRG—转向角传感器，A – BAG—安全气囊诊断传感器单元，AV—音响视频控制单元，AVM—全景监视器控制单元，HVAC—自动空调放大器，TCU—Telematics 通信单元，ADP—驾驶人座椅控制单元，BCM—车身控制模块，ASCD—定速巡航系统，A/C—空调，ECO—节能，TCS—牵引力控制系统，CVT—无级变速，VDC—车辆行驶动态控制系统，TPMS—轮胎压力监测系统

2-62 日产天籁的 CAN 网发生故障时的症状有哪些?

在 CAN 通信系统中，会有多个控制单元相互发送和接收信号。如果 CAN 通信线路发生任何故障，则各控制单元无法发送和接收信号。在这种情况下，与根本原因相关的多个控制单元会发生故障，或进入失效 – 保护模式。各车辆在失效 – 保护模式下各控制单元的症状和 CAN 通信线路布线都不一样。

(1) 数据接口与 ABS 执行器和电气单元（控制单元）之间的主线开路 如图 2-114 所示，将出现如下症状：

发动机控制模块：发动机转矩限制受影响，且换档粗糙感增加。

车身控制模块：倒车警告蜂鸣器不鸣响；尽管前刮水器开关处于间歇位置，前刮水器仍在连续操作模式下移动。

动力转向控制模块：转向所需的力增加。

组合仪表：档位指示灯和 O/D OFF 指示灯熄灭；车速表不起作用；总里程/行程表停止。

ABS 执行器和电气单元（控制单元）：正常工作。

变速器控制模块：对操作没有影响。

发动机舱智能电源分配模块：点火开关按至 ON 时，前照灯（近光）点亮，冷却风扇持续转动。

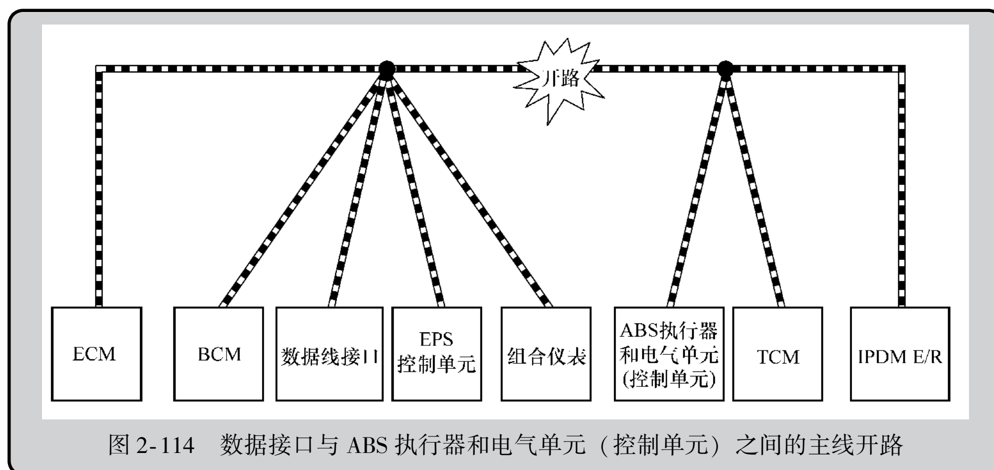


图 2-114　数据接口与 ABS 执行器和电气单元（控制单元）之间的主线开路

（2）变速器控制模块 TCM 支线开路　如图 2-115 所示，将出现如下症状：

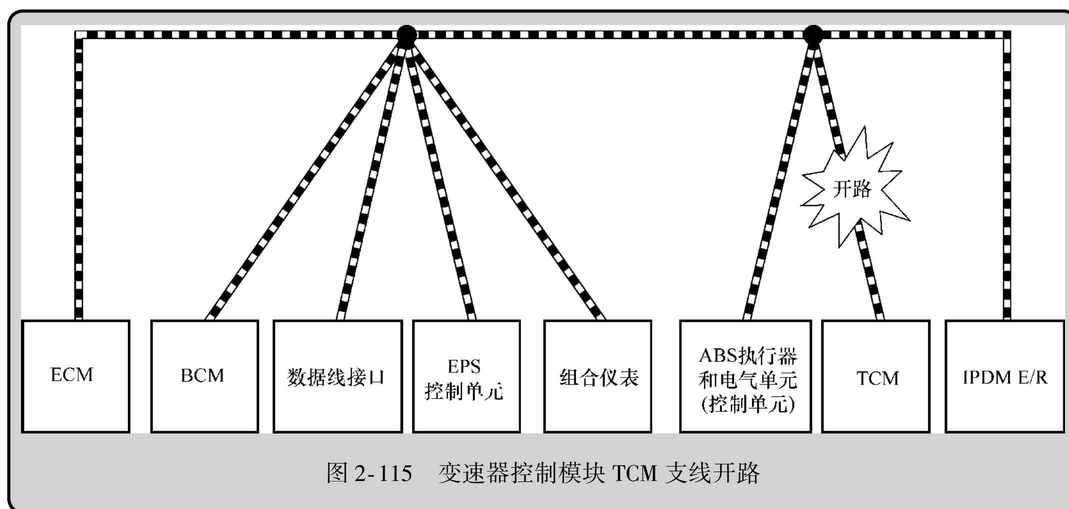


图 2-115　变速器控制模块 TCM 支线开路

发动机控制模块：发动机转矩限制受影响，且换档粗糙感增加。

车身控制模块：倒车警告蜂鸣器不鸣响。

动力转向控制模块：正常工作。

组合仪表：档位指示灯和 O/D OFF 指示灯熄灭；警告灯点亮。

ABS 执行器和电气单元（控制单元）：正常工作。

变速器控制模块：对操作没有影响。

发动机舱智能电源分配模块：正常工作。

(3) 数据接口支线开路 如图2-116所示，数据接口支线开路时，CAN通信信号的发送和接收不受影响。因此，无症状出现。但是一定要修理故障电路。

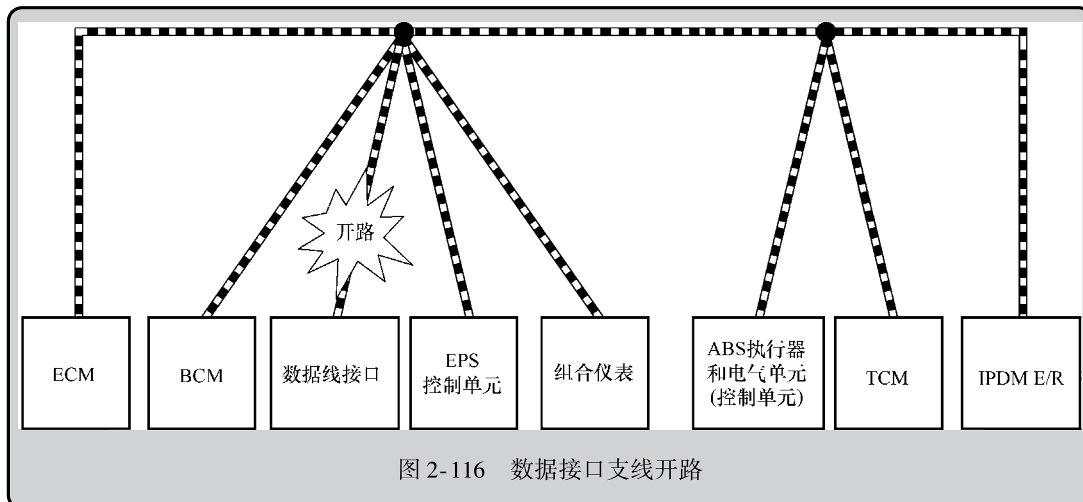


图2-116　数据接口支线开路

(4) CAN-H、CAN-L线束短路 如图2-117所示，将出现如下症状：

发动机控制模块：发动机转矩限制受影响，且换档粗糙感增加；发动机转速下降。

车身控制模块：倒车警告蜂鸣器不鸣响；尽管前刮水器开关处于间歇位置，前刮水器仍在连续操作模式下移动；车内灯未点亮；发动机无法起动（如果是在将点火开关按至OFF位置时发生错误或故障）；转向盘锁未解锁（如果是在将点火开关按至OFF位置时发生错误或故障）。

动力转向控制模块：转向所需的力增加。

组合仪表：转速表和车速表不移动；警告灯点亮；指示灯不点亮。

ABS执行器和电气单元（控制单元）：正常工作。

变速器控制模块：对操作没有影响。

发动机舱智能电源分配模块：点火开关按至ON时，前照灯（近光）点亮。

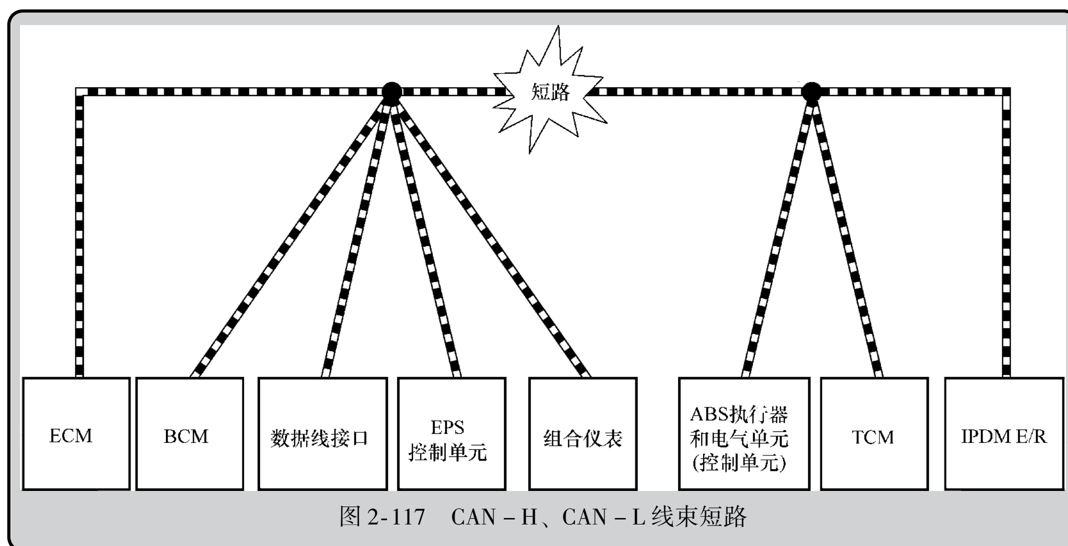
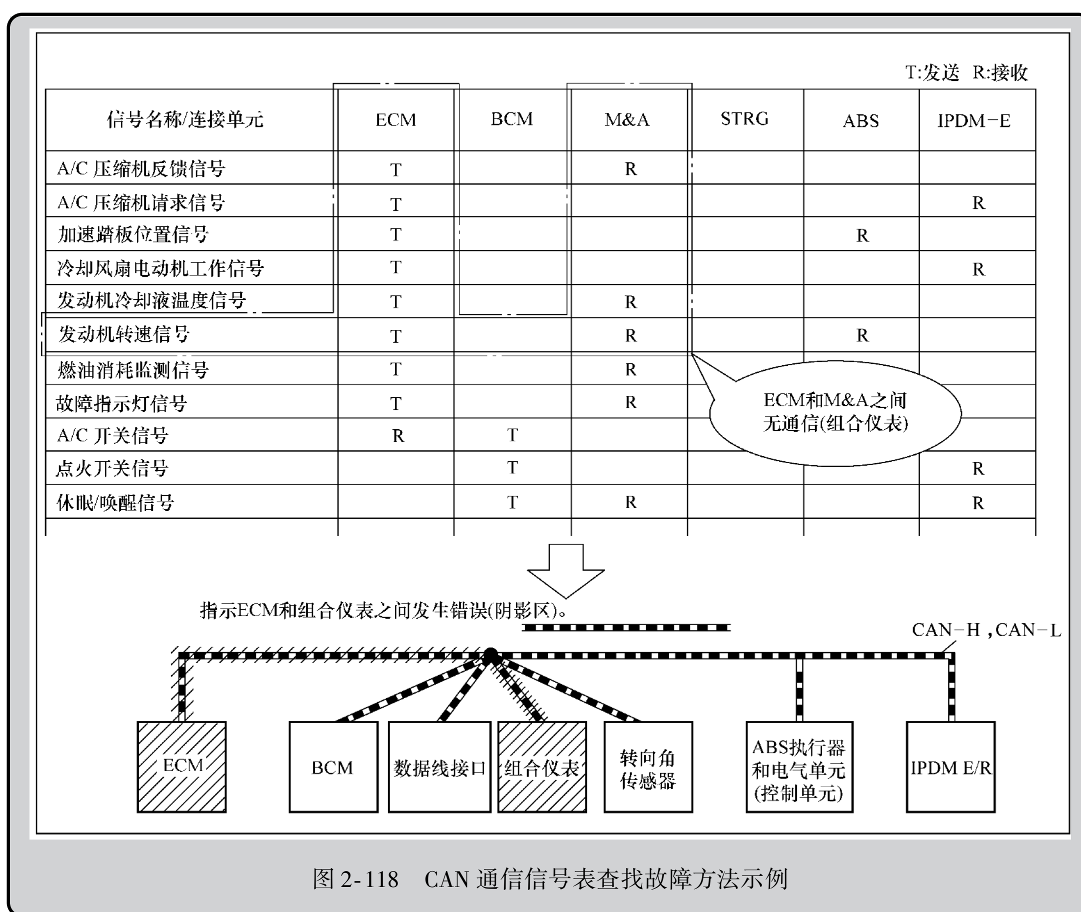


图2-117　CAN-H、CAN-L线束短路

2-63 如何使用日产天籁的 CAN 通信信号表查找故障?

CAN 通信信号表列出控制单元之间发送/接收的信号，有助于通过找到症状相关的信号和检查发送和接收单元来检测根本原因。 如图 2-118 所示，当出现组合仪表上发动机转速表不工作的故障时，对照通信信号表发现发动机转速信号由发动机控制模块发送，组合仪表接收，因此可判断发动机控制模块和组合仪表之间无通信。


T:发送 R:接收

信号名称/连接单元	ECM	BCM	M&A	STRG	ABS	IPDM-E
A/C 压缩机反馈信号	T		R			
A/C 压缩机请求信号	T					R
加速踏板位置信号	T				R	
冷却风扇电动机工作信号	T					R
发动机冷却液温度信号	T		R			
发动机转速信号	T		R		R	
燃油消耗监测信号	T		R			
故障指示灯信号	T		R			
A/C 开关信号	R	T				
点火开关信号		T				R
休眠/唤醒信号		T	R			R

图 2-118 CAN 通信信号表查找故障方法示例

2-64 如何使用诊断仪对日产天籁 CAN 总线进行诊断?

图 2-119 为日产专用诊断仪 CONSULT－Ⅲ，左图为计算机，右图为无线车辆通信接口（VI）。安装了诊断软件 CONSULT－Ⅲ的计算机可以作为诊断工具使用。此软件包含了多项诊断菜单。在计算机上安装 ESM 浏览软件使技师能查看维修资料（如维修手册等）。VI 是 ECU 与计算机之间的通信接口。若要执行诊断，将 VI 连接到车辆侧数据通信接头上，以便在终端与车辆之间进行数据通信。数据可以通过无线通信或电缆通信（USB 连接电缆）方式传输。



图 2-119　CONSULT－Ⅲ计算机和无线车辆通信接口（VI）

如图 2-120 所示，CONSULT－Ⅲ屏幕各区域功能如下（图中标号与下面序号对应）：

1）浏览区：包括几个与显示相关的基本操作按钮。

2）状态栏：显示与终端通信的设备的通信状态及时间。

3）进程引导区：分为两行，显示 **CONSULT－Ⅲ**的工作状态。

4）详细菜单区：显示在进程引导区中选取的工作项目的相应模式。

5）活动区：显示在详细菜单区中选取的模式的执行屏。



图 2-120　CONSULT－Ⅲ屏幕区域组成

CONSULT－Ⅲ的诊断步骤如下：

第 1 步，将 VI 连接到车辆上（见图 2-121）。核实点火开关在 OFF 位置。如果点火开关在 ON 位置时连接接头，则会有造成 VI 损坏的风险。核实数据通信接头形状，然后将 VI 的

电缆接头连接到数据通信接头上。

第 2 步，打开点火开关（见图 2-122）。



图 2-121　将 VI 连接到车辆上



图 2-122　打开点火开关

第 3 步，打开计算机电源（见图 2-123）。

第 4 步，启动 CONSULT－Ⅲ。如图 2-124 所示，双击桌面上的快捷方式图标。CONSULT－Ⅲ启动并显示“VI/MI Selection”（VI/MI 选择）。

第 5 步，选择并连接 VI 电源开关，开始诊断，如图 2-125 所示：

1）检测到已注册的 VI，然后显示出序列号。

2）选择已连接到需要进行诊断的车辆上的 VI（序列号），然后点击“Connect”（连接），将显示出“Vehicle Selection”（车辆选择）。



图 2-123　打开计算机电源



图 2-124　启动 CONSULT－Ⅲ

第 6 步，选择车辆，根据地区的不同，显示有所不同，如图 2-126 所示：

1）选择需要诊断车辆的“Vehicle Name“（车辆名称）、“Type Detailed”（车型细节）和“Release Date”（发布日期）。

2）核实所选项目，然后点击“Select”（选择），将显示出“Confirmation Vehicle”（确认车辆）。

第 7 步，确认车辆。如图 2-127 所示，核实所选车辆，然后触击“Confirm”（确认）。系统调用已启动。



图 2-125　选择并连接 VI 电源开关

第 8 步，启动系统调用。如图 2-128 所示，显示出此屏后，系统调用自动开始，CONSULT－Ⅲ将执行连接到车辆上的所有 ECU 的系统调用。系统调用期间，无法操作。

第 9 步，启动诊断。系统调用完成后会显示“CAN Diagnosis”（CAN 诊断，见图 2-129）。

第 10 步，执行详细诊断。



图 2-126　选择车辆



图 2-127　确认车辆



图 2-128　启动系统调用

执行 CAN 网络诊断时，输入车辆的 SIS 代码，然后点击"Search"（搜索），即可开始 CAN 网络诊断。SIS 代码在车辆标志牌上称为"MODEL"（车型）代码。如果利用上述步骤不能启动 CAN 网络诊断，则需要检查车辆技术参数，从而选择屏幕上列出的正确的 CAN 类型（见图 2-130）。



图 2-129　启动诊断

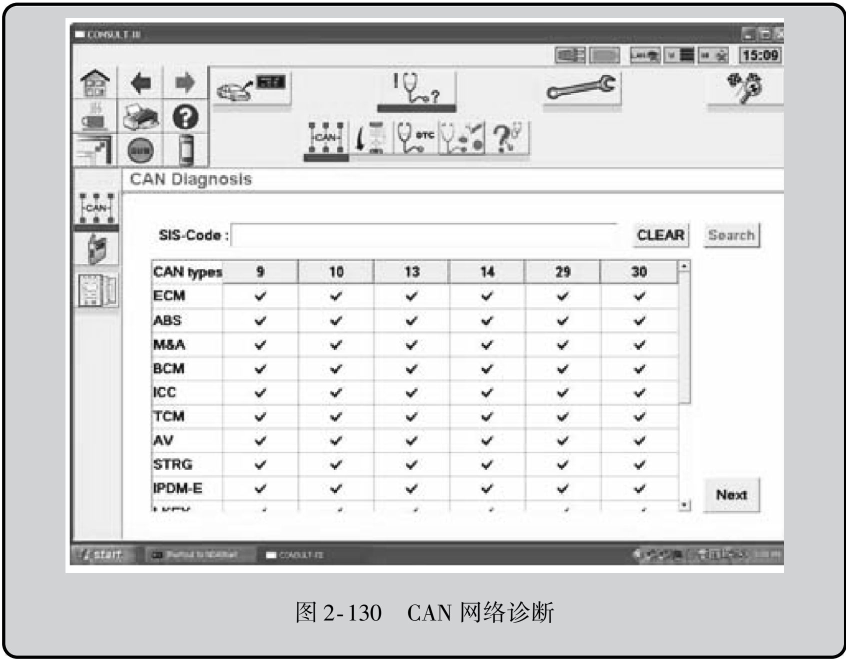


图 2-130　CAN 网络诊断

读取 CAN 网络诊断结果，如图 2-131 所示，方框为各个电气控制单元。每条线为 CAN 数据线。线条上的数字编号为 CAN 数据线修理的优先顺序。表 2-8 为 CAN 网络诊断结果中方框和线条颜色的含义。

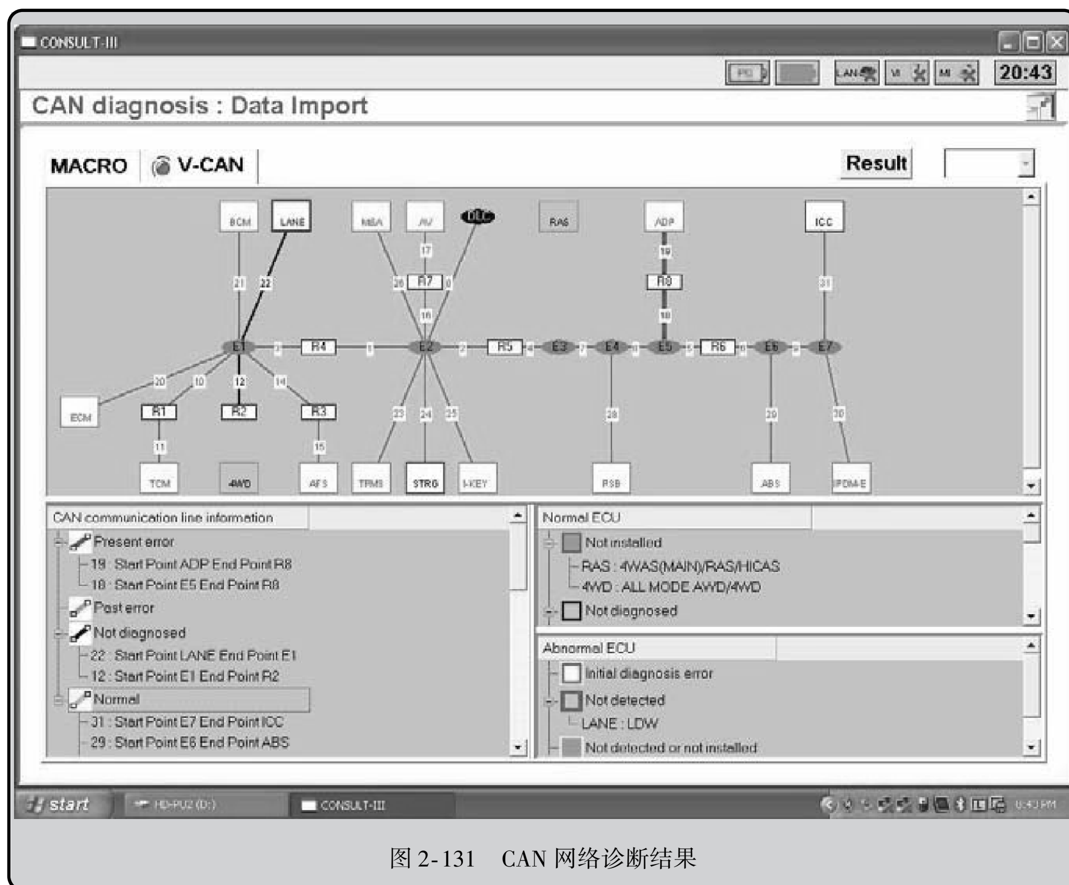


图 2-131　CAN 网络诊断结果

表 2-8　CAN 网络诊断结果中方框和线条颜色的含义

ECU 颜色	线路颜色	结　果
绿色	绿色	ECU 与 CAN 线路都处于良好状况
红色	红色	ECU 无响应
绿色	红色	通过 CAN 线路没有检测到 ECU 响应，ECU 有另一条通信线（即 K 线）
黑色	黑色	ECU 与 CAN 线路都没有进行诊断（没有完成诊断）
黑色	绿色	即使 CAN 线路良好，适用的 ECU 也不同（CAN 类型选择错误等）

2-65　如何对日产天籁 CAN 总线的主线电路故障进行诊断?

图 2-132 为日产天籁 CAN 总线电路，以数据接口和 ABS 之间的主线故障为例。诊断步骤如下：

(1) 检查接头

1）将点火开关按至 OFF 位置。

2）断开蓄电池负极电缆。

3）检查线束接头 E105、M11 的端子和接头是否损坏、弯曲和连接松动（接头侧和线束

侧）。

如检查不正常则修理端子和接头，检查正常则进行第2项检查。

（2）检查线束的导通性

1）断开ABS执行器和电气单元（控制单元）线束接头、线束接头E105和M11。

2）检查ABS执行器和电气单元（控制单元）线束接头与线束接头E105之间的导通性。

检查ABS执行器和电气单元（控制单元）线束接头E36上26号端子与线束接头E105上56号端子的导通性；检查ABS执行器和电气单元（控制单元）线束接头E36上14号端子与线束接头E105上55号端子的导通性。

如检查不正常则修理ABS执行器和和电气单元（控制单元）与线束接头E105之间的主线。检查正常则进入第3项检查。

（3）检查线束的导通性　检查线束接头M11和数据接口之间的导通性：检查线束接头M11上56号端子与数据接口线束接头M4上6号端子的导通性；检查线束接头M11上55号端子与数据接口线束接头M4上14号端子的导通性。

如检查正常，且诊断仪检测为当前故障，则再次检查CAN系统类型判断；如检查正常，且诊断仪检测为历史故障，则ABS执行器单元和电气单元（控制单元）与数据接口之间的主线上存在故障；如检查不正常，则修理线束接头M11和数据接口M4之间的主线。

2-66　如何对日产天籁CAN总线的支线电路故障进行诊断?

图2-132为日产天籁CAN总线电路，以MR20DE车型的发动机控制模块ECM支线电路故障为例，诊断步骤如下：

（1）检查接头

1）将点火开关按至OFF位置。

2）断开蓄电池负极电缆。

3）检查发动机控制模块ECM的端子和接头是否损坏、弯曲和连接松动（单元侧和接头侧）。

如检查不正常则修理端子和接头；检查正常则进行第2项检查。

（2）检查线束是否开路

1）断开发动机控制模块ECM接头。

2）检查发动机控制模块ECM线束接头E16上83号和84号端子之间的电阻，应为108～132Ω。

如测量值不在规定范围内则修理发动机控制模块ECM支线；如测量值在规定范围内则进入第3项检查。

（3）检查电源和接地电路　检查发动机控制模块ECM的电源和接地电路。

1）检查熔丝。检查发动机舱智能电源分配模块#46和#64熔丝是否熔断，如熔断则修理相应电路后，更换熔丝，如正常则进入2）。

2）检查接地连接。将点火开关按至OFF，检查接地连接E9。检查不正常则修理或更换接地连接；检查正常则进入3）。

3）检查发动机控制模块 ECM 接地电路。断开 ECM 线束接头，检查 ECM 线束接头 E7 的 11 号端子与线束接头 E16 的 107、108、109、112 号端子之间的导通性。

检查不正常则修理或更换检测到故障的零件；检查正常进入第 4 项检查。

（4）检查 ECM 电源（主）（一） 重新接好 ECM 线束接头，将点火开关按至 ON，检查 ECM 线束接头端子 E16 的 105 号与 112 号端子之间的电压，应为蓄电池电压。

检查正常进入第 5 项检查，检查不正常进入第 6 项检查。

（5）检查 ECM 电源（主）（二） 将点火开关按至 OFF 位置并等待至少 10s。检查 ECM 线束接头 E16 的 105 号与 112 号端子之间的电压，应下降为 0V。

检查正常进入第 9 项检查；检查不正常进入第 7 项检查。

（6）检查 ECM 电源（主）电路 将点火开关按至 OFF，断开 ECM 线束接头、IPDM E/R 线束接头，检查 ECM 线束接头 E16 的 105 号端子和 IPDM E/R 线束接头 E11 的 13 号端子之间的导通性，同时应检查线束是否对地短路。

检查正常则执行电源电路的故障诊断；检查不正常则修理或更换检测到故障的零件。

（7）检查 ECM 继电器控制信号 检查 ECM 线束接头 F7 的 32 端子与线束接头 E16 的 112 号端子之间的电压。点火开关处于 ON 位置时电压为 0V，将点火开关按至 OFF 位置并等待至少 10s，变为蓄电池电压。

检查正常则需检查间歇性故障；检查不正常进入第 8 项检查。

（8）检查 ECM 继电器控制信号电路 将点火开关按至 OFF，断开 ECM 线束接头、IPDM E/R 线束接头，检查 ECM 线束接头 F7 的 32 号端子和 IPDM E/R 线束接头 F12 的 72 号端子之间的导通性。同时应检查线束是否对地或电源短路。

检查正常则更换 IPDM E/R；检查不正常则修理或更换检测到故障的零件。

（9）检查点火开关信号 将点火开关按至 ON，检查 ECM 线束接头端子之间的电压。

检查 ECM 线束接头 E16 的 93 号端子和 112 号端子之间的电压。点火开关处于 OFF 位置时电压为 0V，将点火开关按至 ON 位置时为蓄电池电压。

检查正常则检查间歇性故障或进入第 11 项检查；检查不正常进入第 10 项检查。

（10）检查点火开关信号电路 将点火开关按至 OFF，断开 ECM 线束接头、IPDM E/R 线束接头，检查 ECM 线束接头 E16 的 93 号端子和 IPDM E/R 线束接头 E12 的 21 号端子之间的导通性。同时应检查线束是否对地或电源短路。

检查正常则执行电源电路的故障诊断；检查不正常则修理或更换检测到故障的零件。

（11）检查 ECM 电源（备用） 检查 ECM 线束接头 F8 的 66 号端子与线束接头 E16 的 112 号端子之间的电压，应为蓄电池电压。检查正常则需检查间歇性故障；检查不正常进入第 12 项检查。

（12）检查 ECM 电源（备用）电路 将点火开关按至 OFF，断开 ECM 线束接头、IPDM E/R 线束接头。检查 ECM 线束接头 F8 的 66 号端子和 IPDM E/R 线束接头 F11 的 58 号端子之间的导通性。同时应检查线束是否对地短路。检查正常则执行电源电路的故障诊断；检查不正常则修理或更换检测到故障的零件。

检查发动机控制模块 ECM 的电源和接地电路正常且诊断仪检测为当前故障则更换 ECM。检查发动机控制模块 ECM 的电源和接地电路正常且诊断仪检测为历史故障则 ECM 支线中存在故障。检查不正常则修理电源和接地电路。

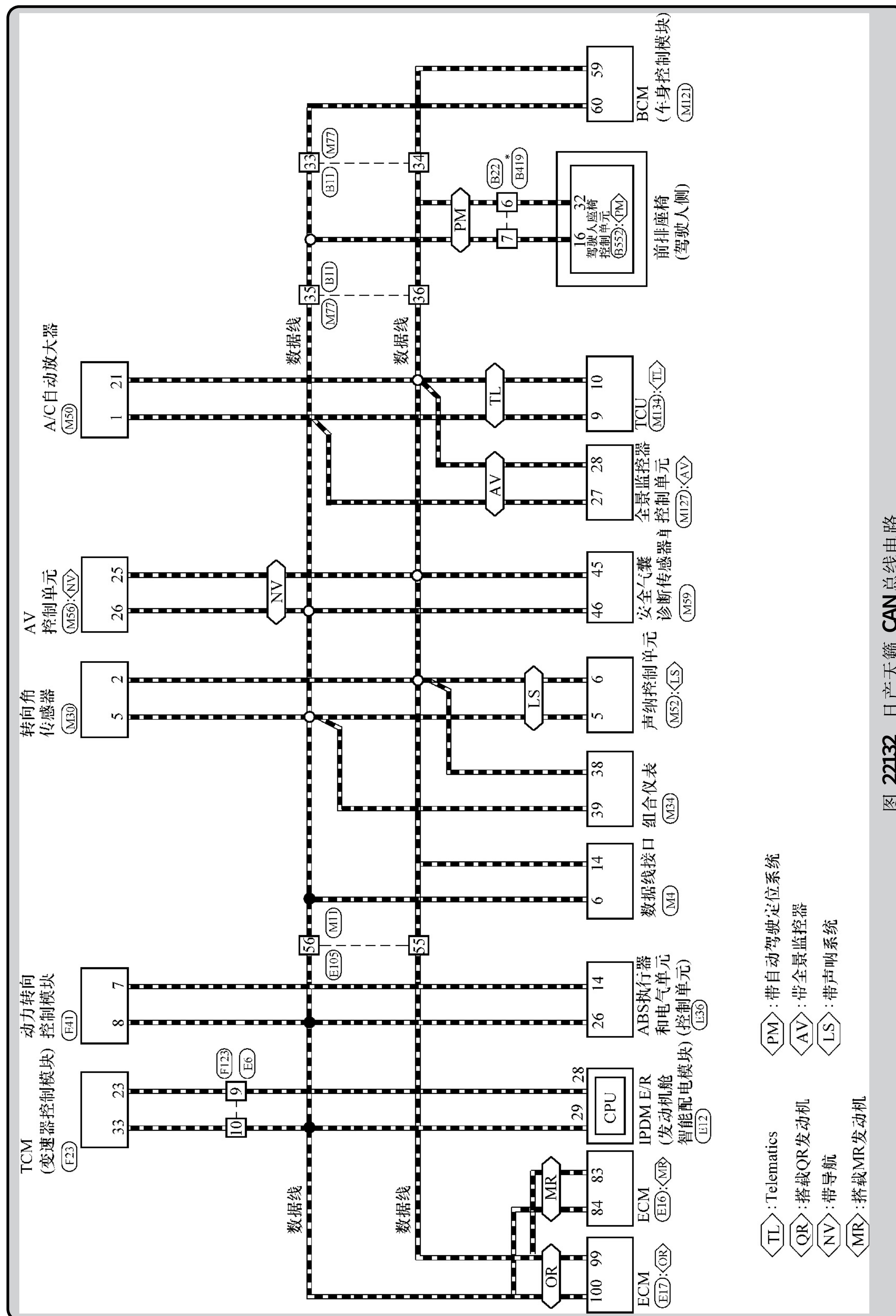


图 22132 日产天籁 CAN总线电路

2-67 如何对日产天籁 CAN 总线的通信电路故障进行诊断?

图 2-132 为日产天籁 CAN 总线电路，以 MR20DE 车型为例，诊断步骤如下：

(1) 接头检查

1）将点火开关按至 OFF 位置。

2）断开蓄电池负极电缆。

3）断开 CAN 总线上所有模块的接头。

4）检查端子和接头是否损坏、弯曲和连接松动。

如检查不正常则修理端子和接头，检查正常则进入第 2 项。

(2) 检查线束的导通性（短路） 检查数据接口线束接头 M4 的 6 号端子与 14 号端子之间的导通性，应为不导通。如检查不正常则检查线束并修理；检查正常则进入第 3 项。

(3) 检查线束的导通性（短路） 检查数据接口线束接头 M4 的 6 号端子、14 号端子与接地之间的导通性，应为不导通。如检查不正常则检查线束并修理。检查正常则进入第 4 项。

(4) 检查发动机控制模块 ECM 和车身控制模块 BCM 终端电路

1）拆下 ECM 和 BCM。

2）检查发动机控制模块 ECM 线束接头 83 号和 84 号端子之间的电阻，应为 108 ~ 132Ω。

3）检查发动机控制模块 ECM 线束接头 60 号和 59 号端子之间的电阻，应为 108 ~ 132Ω。

测量值不在规定范围内则更换 ECM 和/或 BCM；测量值在规定范围内则进入第 5 项。

(5) 检查故障现象 连接所有接头，检查客户描述的故障症状是否重现。如故障不重现则再次启动诊断。检测到过去的故障时，遵循故障诊断步骤。故障重现则进入第 6 项。

(6) 检查模块故障是否重现 按照以下步骤对各模块执行故障重现测试。

1）将点火开关按至 OFF 位置。

2）断开蓄电池负极电缆。

3）断开 CAN 总线系统的一个模块接头。因 ECM 和 BCM 有一个终端电路，首先检查其他模块。

4）连接蓄电池负极电缆。检查客户描述的现象是否重现。如果出现与模块相关的故障症状，不要将它们与其他现象混淆。

如故障不重现则更换接头断开的模块。故障重现则连接模块接头，按照上述步骤检查其他模块。

第三章

LIN 总线及其维修技能

3-68 什么是 LIN?

随着车载网络技术的飞速发展，汽车上采用的总线节点越来越多，网络的复杂程度和成本也随之增加，这样，采用低成本的网络节点就有很强的现实意义。本地互联网 LIN 总线的出现，是对车载网络系统进行分级管理的开端。

LIN 是 Local Interconnect Network 的英文缩写，是一种用于汽车中分布式电子系统的新型低成本串行通信网络。其标准由汽车制造商 Audi、BMW、Daimler Chrysler、Volvo、Volkswagen 和 VCT 公司以及 Motorola 公司组成的 LIN 协会共同制订，从 2001 年开始在汽车上应用。它遵从 ISO—9141 标准，专门应用于短距离、低速网络通信，作为辅助网络或子网络存在。

LIN 总线成本低、结构简单，能够实现控制单元功能更为合理的分配，提高性能。其主要用途是传输开关设置状态以及对开关变化响应，通信事件是在百毫秒以上时间内发生，而不像发动机管理系统等其他速度快得多的汽车应用。LIN 协议支持在单根线上进行双向通信，使用由 *RC* 振荡器驱动的低成本微控制器，这样可以省去晶体振荡器或陶瓷振荡器的成本。另外，此协议实际上是以时间和软件上的代价换取硬件上成本的节约。目前，大量的车身和安全性能方面的应用对车载网络系统的性能要求并不太高，只需要一种性价比更高的标准车载网络总线，而 LIN 总线正好可以满足这一需求。图 3-1 为 LIN 在车门电子控制系统的应用。LIN 总线带宽能够达到 20kbit/s，具有较强的抗干扰能力。

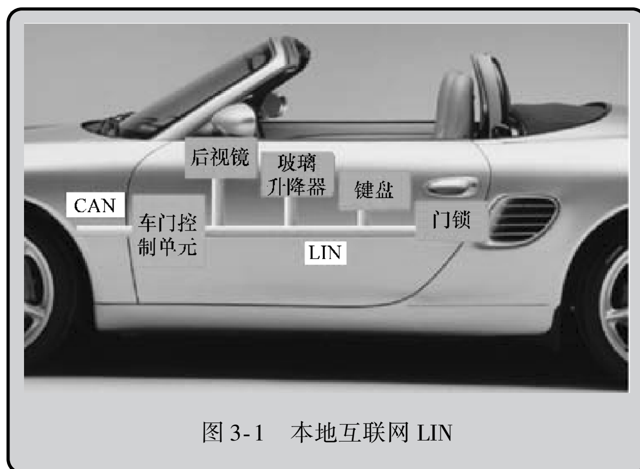


图 3-1 本地互联网 LIN

3-69 LIN 总线的发展历史是怎样的?

1996 年，Volvo 和 Volcano 通信（VCT）为 Volvo S80 系列开发了一种基于 UART/SCI 的协议，即 Volcano Lite。

1997 年，Motorola 与 Volvo 和 VCT 合作，帮助它们改进 Volcano Lite 协议以满足各种不同需求（如无需晶体振荡器的从机设备自动同步），并制订可以支持各种半导体产品的开放标准。

1998 年 12 月，Audi、BMW、Daimler Chrysler 和 Volkswagen 也加入进来，由此形成了 LIN 协会。开发 LIN 标准的目的在于适应分层次车内网络在低端（速度和可靠性要求不高、低成本的场合）的需求。

LIN 经历了几个版本的发布和更新：

1999 年 7 月，底特律 SAE 大会上，LIN1.0 版发布，包括三部分内容，分别为协议规范、配置语言规范和 API 规范。

2000 年 3 月，LIN1.1 版发布。

2000 年 11 月，LIN1.2 版发布。

2002 年 12 月，LIN1.3 版发布，主要对物理层进行修改，提高了节点之间的兼容性。

2003 年 9 月，LIN2.0 版发布，适应当代和未来汽车工业发展趋势，为了实现节点的“即插即用”，增加了诊断规范和节点能力语言规范。

2006 年 11 月，LIN2.1 版发布，目标是改进 LIN2.0 规范的理解力，增加了传输层规范和节点配置规范，形成了 8 个子规范。

2010 年，LIN2.2A（最新版）发布。

3-70 LIN 总线的主要特点有哪些?

1）基于 ISO 9141 标准的低成本单总线结构。

2）采用 12V 单线作为通信介质，信号编码方式为 NRZ，电平分为隐性电平“1”和显性电平“0”，两种通信速率最大可达 20kbit/s，受网络信息传输超时的限制最小速率为 1kbit/s，最大传输距离不超过 40m。

3）采用单主机/多从机模式，无需仲裁机制数据的优先级由主机节点确定，可以根据需要灵活改变。

4）从机节点无需石英或陶瓷振荡器即可实现自同步，这可以减少从节点的硬件成本。

5）保证信号的传输时间，因此系统是可以预测的。

6）可以方便增加一个新的节点到 LIN 网络中，无需改变其他从节点的硬件或软件。

7）采用 6 位标志符对传送的数据作标记，即共定义了 64 个不同的标志符，在整个网络中，该标志符是唯一的。采用该方式可使不同的节点同时接收到相同的数据。

8）具有监控总线、数据校验和标志符双重奇偶校验等错误检测功能，保证数据传输的可靠性。

3-71　LIN 总线的网络结构是怎样的?

图 3-2 为 LIN 总线的网络结构，作为上层总线（如 CAN 总线）的子网，上层总线中的各控制单元就是 LIN 网的主机节点，与主机节点单线连接的开关、设备等就是从机节点。**LIN 网络的拓扑结构为单线总线，应用了单一主机多从机的概念，即由一个主机节点、一个或多个从机节点组成。**主机节点（Master Node）包含主机任务（Master Task）和从机任务（Slave Task），从机节点（Slave Node）只包含从机任务，如图 3-3 所示。一个 LIN 网络最多可以连接 16 个节点，典型应用一般都在 12 个节点以下，主机节点有且只有一个，从机节点有 1～15 个。

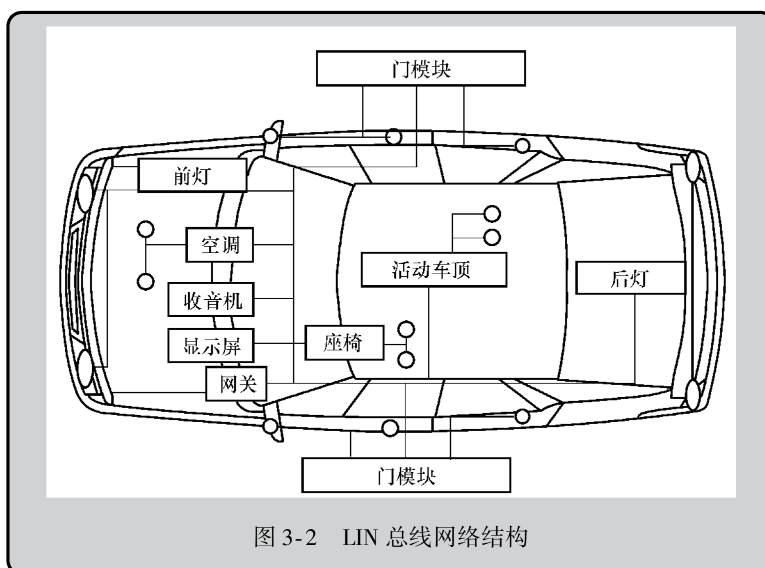


图 3-2　LIN 总线网络结构

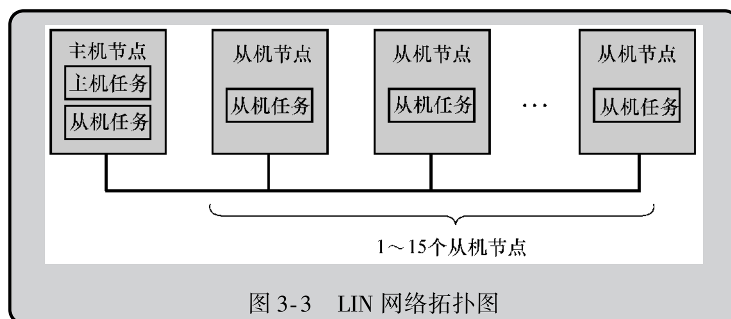


图 3-3　LIN 网络拓扑图

3-72　LIN 总线的主控制单元和从控制单元各有何作用?

如图 3-4 所示，**LIN 主控制单元（主机节点）是 LIN 总线系统中唯一与上层总线（如 CAN 总线）相连的控制单元。在 LIN 网络中，主控制单元（主机节点）执行 LIN 的主功能，控制整个网络的通信，所以不存在通信冲突问题。它监控数据传递和数据传递的速率，**

发送报文头。该控制单元的软件内已经设定了一个周期，这个周期用于决定何时将哪些信息发送到 LIN 数据总线上多少次。**此外，通过 LIN 主控制单元可进行与之相连的 LIN 从控制单元的自诊断**。整个网络的配置信息只包含在主控制单元（主机节点）中，从控制单元（从机节点）可以自由地接入或脱离网络而不会影响网络中的通信。

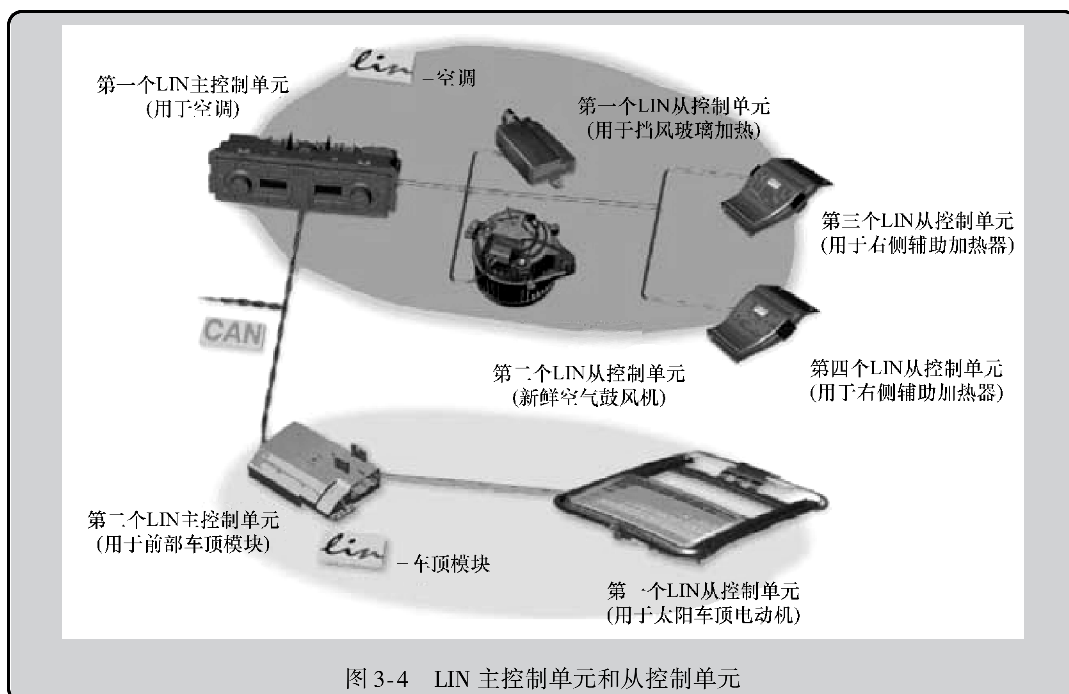


图 3-4　LIN 主控制单元和从控制单元

在 LIN 总线系统内，单个的控制单元（如新鲜空气鼓风机）或传感器及执行元件（如水平传感器及防盗警报蜂鸣器）都可看作 LIN 从控制单元（从机节点）。其作用是接收或传送与主控制单元的查询或指定有关的数据。传感器内集成有一个电子装置，该装置对测量值进行分析。数值是作为数字信号通过 LIN 数据总线传递的。有些传感器和执行元件只使用 LIN 主控制单元插口上的一个针脚。LIN 执行元件都是智能型的电子或机电部件，这些部件通过 LIN 主控制单元的 LIN 数字信号接收任务。LIN 主控制单元通过集成的传感器来获知执行元件的实际状态，然后就可以进行规定状态和实际状态的对比了。

3-73　LIN 总线的硬件由哪些部分组成？

如图 3-5 所示，**LIN 总线的硬件包括协议控制器（Protocol Controller）、总线收发器（Bus Transceiver）和 LIN 总线三部分**。目前 LIN 网络主要使用铜线作为传输介质。

协议控制器的主体是一个通信控制器。发送时，协议控制器把二进制并行数据转变成高、低电平信号，并按照规定的串行格式送往总线收发器；接收时，协议控制器把来自总线收发器的高、低电平信号按照同样的串行格式储存下来，然后再将储存结果转换成二进制并行数据。协议控制器要能产生和识别报文的同步间隔场；要能执行本地唤醒（Local Wake-up），需要唤醒总线时，协议控制器通过总线收发器向 LIN 总线送出唤醒信号；要能识别总

线唤醒（Bus Wakeup），当收到来自 LIN 总线的唤醒信号时，协议控制器能够正确动作，进入规定的通信状态。

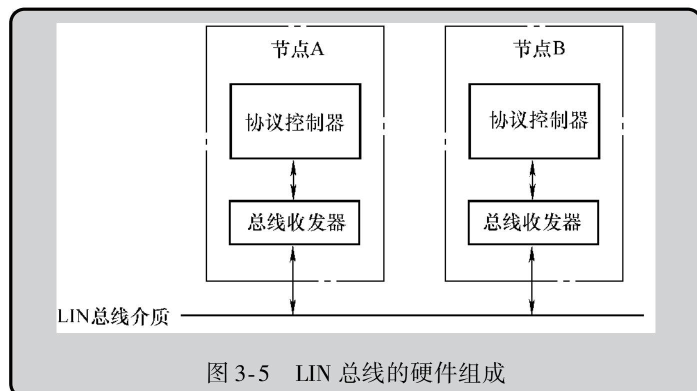


图 3-5　LIN 总线的硬件组成

图 3-6 为总线收发器电路简图，主机节点的收发器，其端接电阻阻值为 1kΩ；从机节点的收发器，其端接电阻阻值为 30kΩ。总线收发器的主体是一个双向工作的电平转换器，完成协议控制器的高、低电平与 LIN 总线的隐性、显性电平之间的转换。如图 3-7 所示，为了将显性电平传到 LIN 数据总线上，发送控制单元内的收发器将数据线接地。每个 LIN 控制单元在总线上都可以设置显性电平。如果无信息发送到 LIN 数据总线上或者发送到 LIN 数据总线上的是隐性电平，那么数据线上的电压就是蓄电池电压。

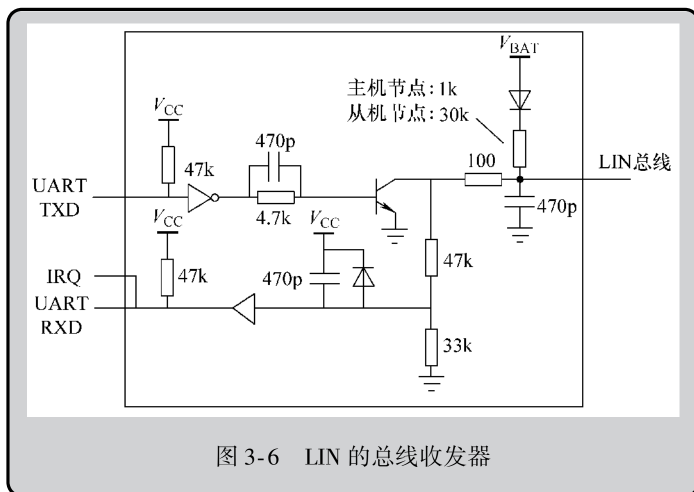


图 3-6　LIN 的总线收发器

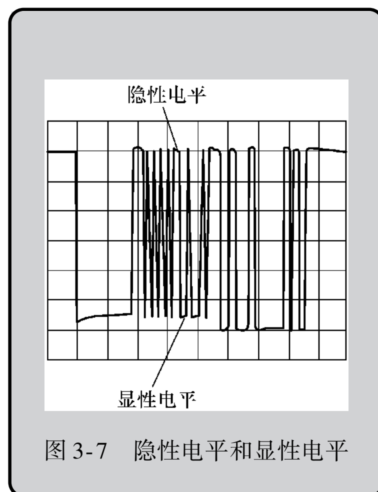


图 3-7　隐性电平和显性电平

LIN 总线的电平参考点是总线收发器的电源参考点。为了克服电源波动和参考点漂移的影响，要求总线收发器要能承受 ±11.5% 的电源波动和参考点电平波动，并且能承受电源和参考点之间 8% 的电位差波动。本地节点掉电或工作异常时，不能影响总线上其他节点工作。

LIN 总线是衔接所有 LIN 节点的通信介质。为汽车电子产品增加 LIN 功能所花费的成本与获得的灵活性相比，往往后者更为显著。汽车上大多数传感器、执行器除至少要接 1 根电源线和 1 根地线外，还有一些模拟/数字信号线，这些接口往往存在兼容性的问题。如果采用 LIN，仅用 3 根线（电源、接地和 LIN 单线）就可以实现标准化的数字接口。传感器、执

行器通过总线连接，汽车结构设计可以更加灵活，线束的数量（质量）不但不会增加，还可能减少。

3-74　LIN 总线的信息帧是如何组成的?

LIN 网络中的所有通信都以信息形式进行的，信息有确定的格式，称为信息帧。图 3-8 为**LIN 总线的信息帧格式，由报文头（信息帧头）和报文响应（信息响应）组成。报文头由三部分组成：同步间隔场、同步字节场和标志符场。**其中同步间隔场由 13 位“0”和至少一位“1”组成，标志一个信息帧的开始；同步字节场由一系列交替出现的“1”和“0”组成，目的是为了使每个从机节点都可同步到主机节点所设定的传输速率；标志符场表示所需要的信息内容以及响应字段的长度。**报文响应由数据场和校验和场两部分组成。**数据场包含的是要发送的数据，校验和场是用来检验数据场在传输过程中是否发生错误的。

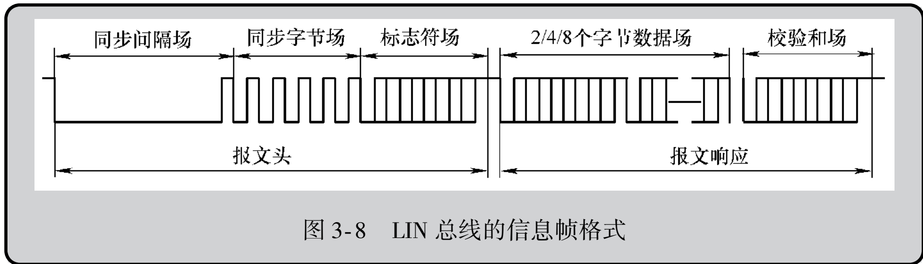


图 3-8　LIN 总线的信息帧格式

(1) 同步间隔场　同步间隔场（Synch Break）表示 LIN 信息帧的开始，是由主任务（Master Task）产生的。它告诉从任务（Slave Task）为即将开始传送的信息帧做好同步的准备。同步间隔场由间隔信号（Break Signal）和同步定界符（Synch Delimiter）两个部分组成，如图 3-9 所示。间隔信号为至少 13bit 时间长的低电平。这样，LIN 网络节点中的从机任务就可以区分一个有效的同步间隔场和可能的低电平时间最长的数据帧（9bit，就是 8bit 低电平数据加上 1bit 的起始位）。同步定界符为 1 ~4bit 时间长的高电平。

(2) 同步字节场　同步字节场（Synch Byte Field）包含着从机节点与主机节点时钟同步所需要的信号。它由字节“0x55”构成，在 8bit 的时间内产生 5 个下降沿和 5 个上升沿，如图 3-10 所示。在同步的时候，从机节点利用这些边沿来调整自己发送和接收的速度，来达到匹配主机节点的信号要求。因此可以通过测量 5 个下降沿和 5 个上升沿的时间来计算一个比特的时间（除以 8）。LIN 总线传送数据时，最低位在前。

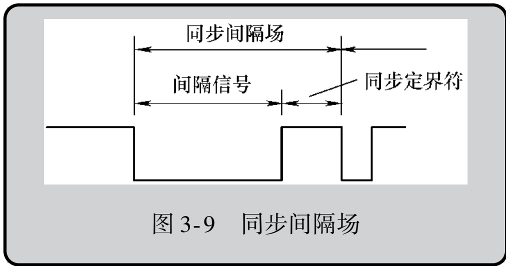


图 3-9　同步间隔场

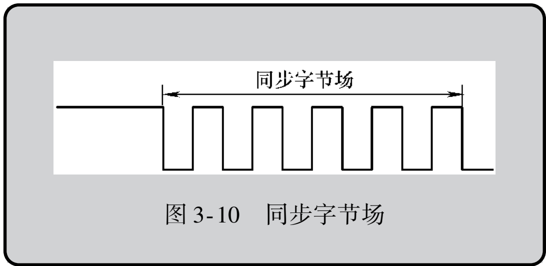


图 3-10　同步字节场

(3) 标志符场　标志符场（Identifier Field）包含着信息帧的内容和信息帧的长度。它

分成四部分：帧类别标志（4bit）、帧长度标志（2bit）、奇偶校验（2bit），如图3-11所示。

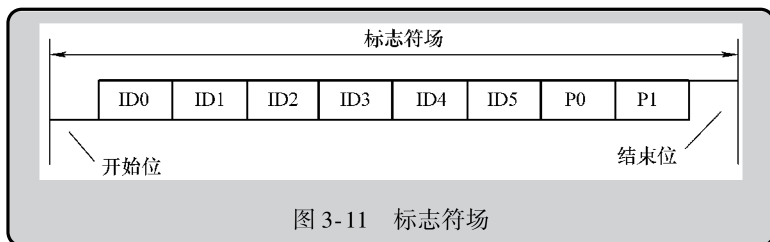


图3-11　标志符场

帧类别标志由ID0～ID3组成，描述的是信息帧的内容而不是地址，并不指明信息的目的节点。这样，网络中任何数目的节点都可以同时接收到消息并同时对此消息做出反应，即可实现多点传送。

帧长度标志由ID4和ID5组成，表示数据场由多少个字节组成。

标志符由六位二进制数来表示，因此标志符的最大数量为64。

奇偶校验由P0和P1组成。

(4) 数据场　数据场（Data Field）由24个或8个字节的数据组成，每个字节由一个起始位8个数据位和一个停止位组成，发送的时候是最低位在前。数据场是由响应的从机任务写的，每一个帧标志符只允许一个从机任务响应。其他的从机任务可以读这个响应和做出相应的动作。数据场的单个字节的格式如图3-12所示。

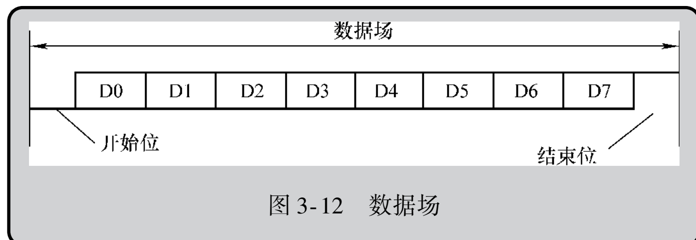


图3-12　数据场

(5) 校验和场　信息帧的最后一部分是校验和场（Checksum Field），用来检查数据传输过程中是否发生错误。校验和场的格式如图3-13所示。

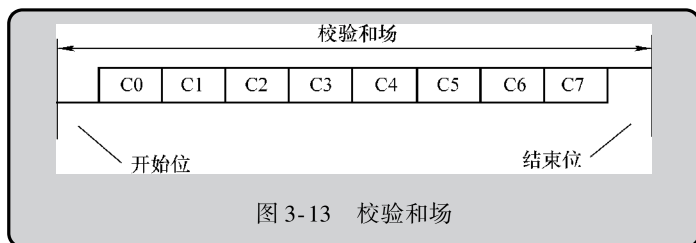


图3-13　校验和场

3-75　LIN总线的通信是如何进行的?

LIN总线主机节点中的主机任务模块通过发送一个报文头来启动一次通信过程。所有节点中的从机任务模块（包括主机节点）都对接收到的报文头中的标志符进行监测，发现本次通信与自己有关时，就发送由数据场与校验场构成的报文响应。其他所有节点的从机任务

模块（包括主机节点）都接收到这个响应，并由节点自己的用户程序决定该响应信息对于本节点的有效性。规定每一个标志符只有一个节点发出响应，以避免发生冲突。这种机制可以确保采用多种方式进行数据交换：从主机节点（用它的从机任务）到一个或多个从机节点，从一个从机节点到主机节点或其他的从机节点。信息可以直接由从机节点到从机节点，而不需要由主机节点来指定路径，或者由主机节点向网络中所有的从机节点广播信息（见图 3-14）。

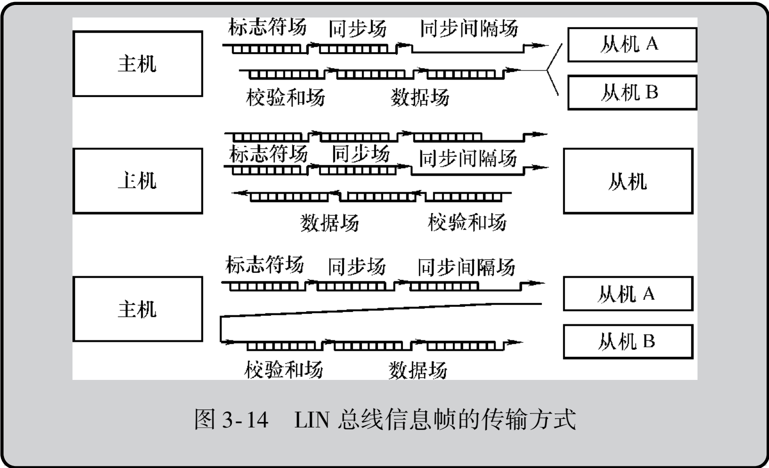


图 3-14　LIN 总线信息帧的传输方式

3-76　LIN 总线是如何进行错误管理的?

LIN 总线的错误管理主要有：

（1）位错误　节点向总线发送一个数据位的同时也在监测总线，如果监测到的位数据值与发送的位数据值不同，则检测到一个位错误。

（2）校验和错误　若接收到的数据场中所有数据的和的补码与校验和场的字节相加的和不是 0xFF，则检测到一个校验和错误。

（3）标志符奇偶错误　若标志符字节中的 8bit 数据不满足内部公式则检测到一个标志符奇偶错误。

（4）从机任务不响应错误　在主机任务发送同步间隔场、同步场和标志符场后，若任何从机任务在最大长度时间内没有完成消息响应的发送，则产生一个不响应错误。

（5）同步错误　当从机任务检测到同步场的边沿在给定的允许偏差范围之外时，则检测到一个同步错误。

（6）总线空闲错误　若总线上不能产生一个有效报文，则主机节点检测到一个总线空闲错误。

3-77　LIN 总线的常见故障有哪些?

LIN 总线的常见故障见表 3-1。

表 3-1　LIN 总线的常见故障

故障位置	故障内容	故障原因
LIN 从控制单元，如鼓风机调节器	无信号/无法通信	在 LIN 主控制单元已规定好的时间间隔内，LIN 从控制单元数据传递有故障 线断路或短路 LIN 从控制单元供电有故障 LIN 从控制单元或 LIN 主控制单元型号错误 LIN 从控制单元损坏
LIN 从控制单元，如鼓风机调节器	不可靠信号	检验出错，传递的信息不完整 LIN 导线受到电磁干扰 LIN 导线的电容和电阻值改变了（如插头壳体潮湿或脏污） 软件故障（备件型号错误）

3-78　LIN 总线的防盗功能是怎样的?

如图 3-15 所示，LIN 总线具有一定的防盗功能。**只有当 LIN 主控制单元发送出带有相应识别码的信息标题后，数据才会传至 LIN 总线上。由于 LIN 主控制单元对所有信息进行全面监控，所以无法在车外使用从控制单元通过 LIN 数据线对 LIN 总线实施控制。**

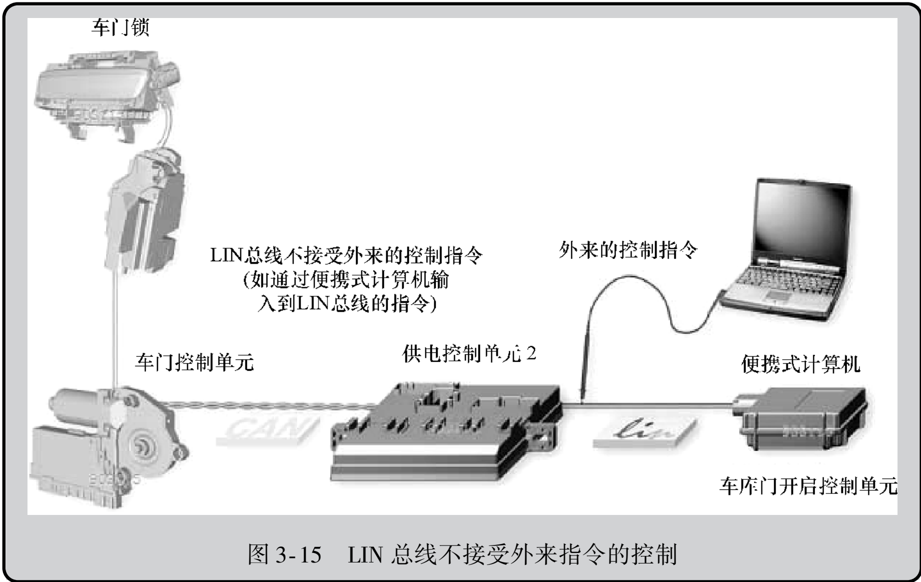


图 3-15　LIN 总线不接受外来指令的控制

3-79　一汽大众奥迪 A6L LIN 网的结构是怎样的?

一汽大众奥迪 A6L 配备了大量领先技术，其电器网络由最多 81 个控制单元、18 个总线系统组成，其自诊断通过 CAN 总线进行。**其中 LIN 总线最多达到 6 条，分别为安全气囊 LIN、轮胎压力控制 LIN、空调 LIN、防盗报警 LIN、刮水器 LIN 和多功能转向盘 LIN。**其网络结构如图 3-16 所示。

一汽大众奥迪 A6L 各 LIN 网的传输速率最大达 19.2kbit/s，其数据线为一根铜线，主色

为紫色加识别色。每个 LIN 网均采用主－从控制管理，借助于 CAN 舒适总线通过主控制单元进行 LIN 总线系统之间的数据交换。

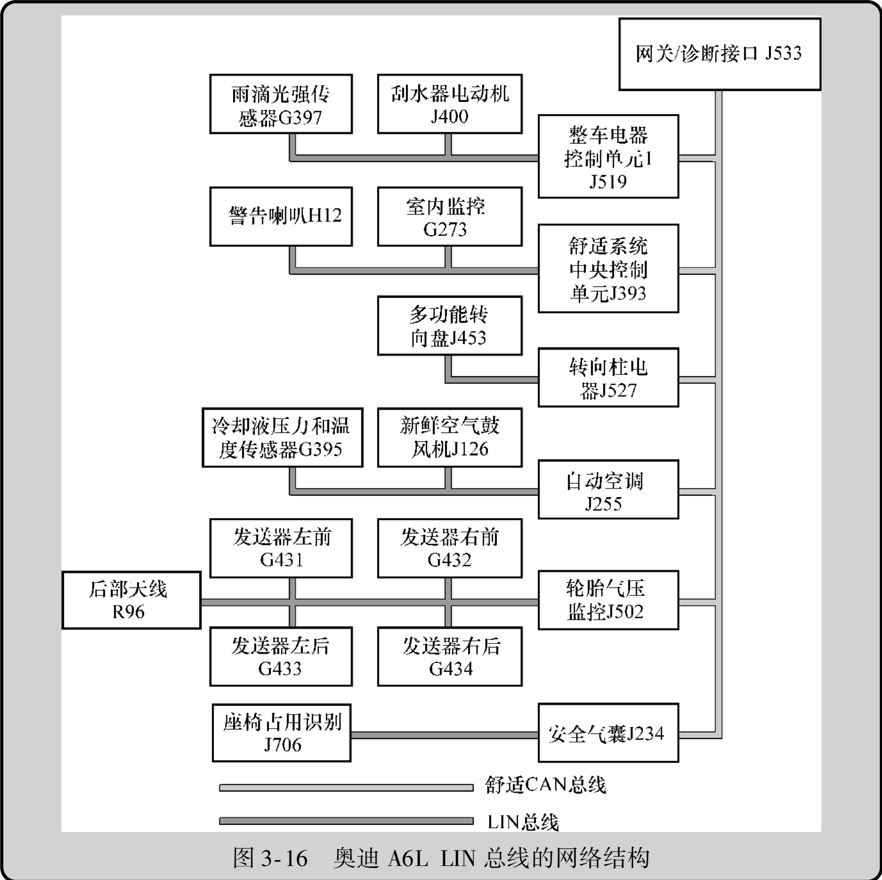


图 3-16　奥迪 A6L　LIN 总线的网络结构

3-80　一汽大众奥迪 A6L　LIN 网的工作原理是怎样的?

图 3-17 为一汽大众奥迪 A6L 空调系统 LIN 网结构，LIN 主控制单元为空调控制与显示单元 J255，是 LIN 总线的管理者，其功能有：

1）控制总线和协议。

2）控制哪些信息在哪个时间通过总线被发送。

3）把 LIN 总线和 CAN 总线连接起来。

4）承担完整的故障处理及诊断。

从控制单元有新鲜空气鼓风机 J1256 和冷却液压力和温度传感器 G395，它们接收或传送与主控制单元的查询或指定有关的数据，其工作必须得到主控制单元的命令才能进行。

图 3-18、图 3-19 为主、从控制单元收发器电路原理简图，均由一个端接电阻和功率晶体管组成，只是主控制单元的端接电阻为 1kΩ，从控制单元的端接电阻为 30kΩ。当 LIN 收发器晶体管基极为高电位时，晶体管导通，LIN 总线对地接通，LIN 总线上的电压为 0V，此时为显性电平（0 位优势）。每个 LIN 控制单元在总线上可以设置显性电平。当 LIN 收发器

晶体管基极为低电位时，晶体管截止，LIN 总线上的电压接近蓄电池电压，此时为隐性电平。当 LIN 总线出现故障，如对正极或负极短路时，LIN 总线就停止工作。

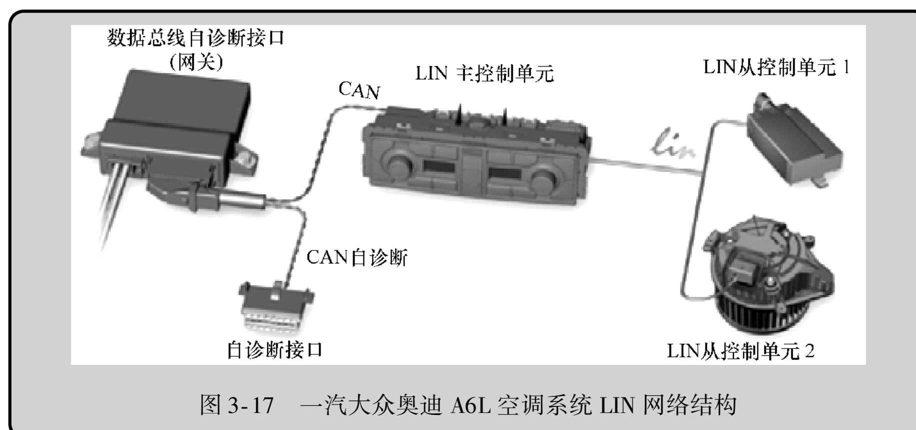


图 3-17　一汽大众奥迪 A6L 空调系统 LIN 网络结构

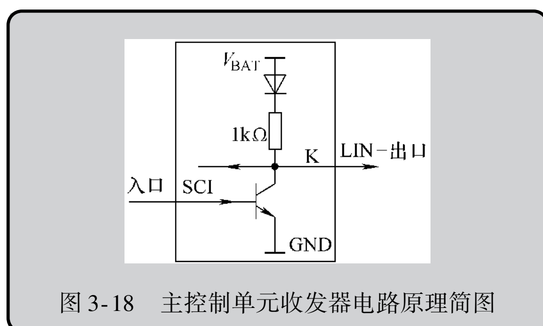


图 3-18　主控制单元收发器电路原理简图

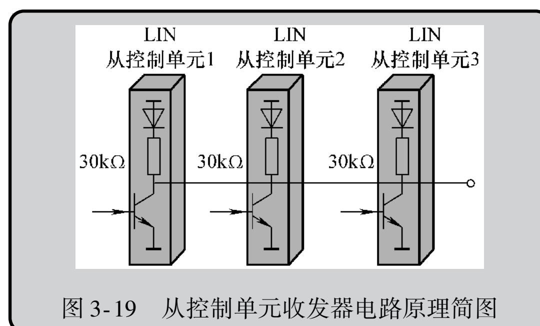


图 3-19　从控制单元收发器电路原理简图

如图 3-20 所示，在隐性电平和显性电平收发时，通过预先设定公差值来保证数据传输的稳定性。如图 3-21 所示，为了在有干扰辐射的情况下仍能收到有效的信号，接收的允许电压值要稍高一些。

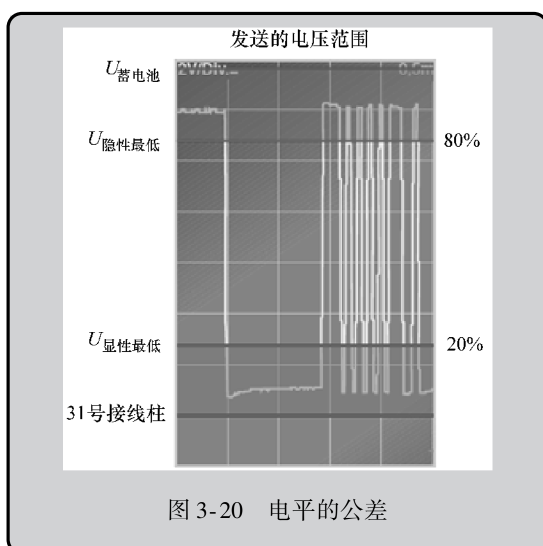


图 3-20　电平的公差

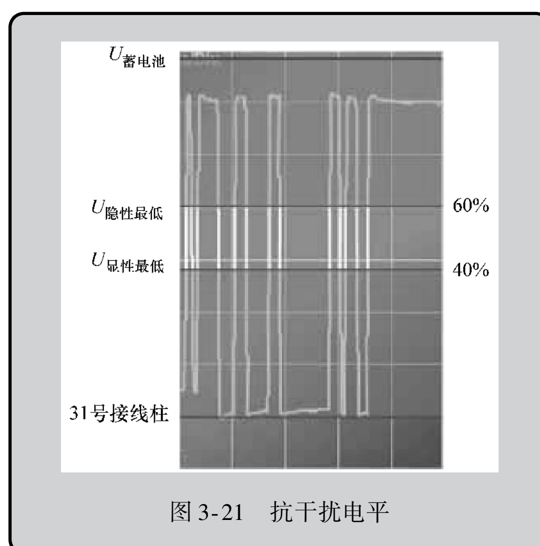


图 3-21　抗干扰电平

3-81　一汽大众奥迪 A6L 空调 LIN 网是如何进行信息传输的?

图 3-22 为空调系统 LIN 的信息帧波形，由报文头和报文响应两部分组成。报文头由主控制单元发送，报文响应由主控制单元或从控制单元发送。

图 3-23 为空调系统 LIN 的报文头波形，由 LIN 主控制单元按周期发送，分为四部分：间隔信号、同步定界符、同步字节场和标志符场。

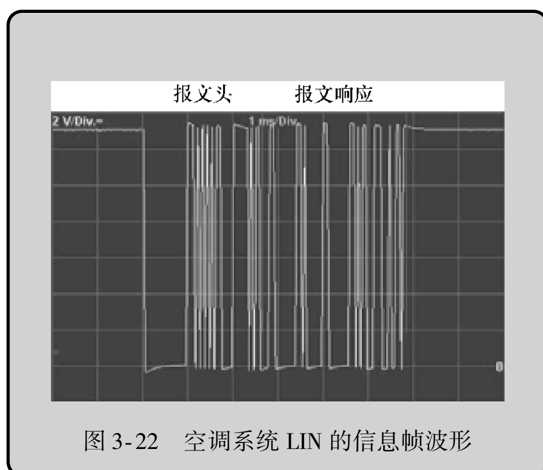


图 3-22　空调系统 LIN 的信息帧波形

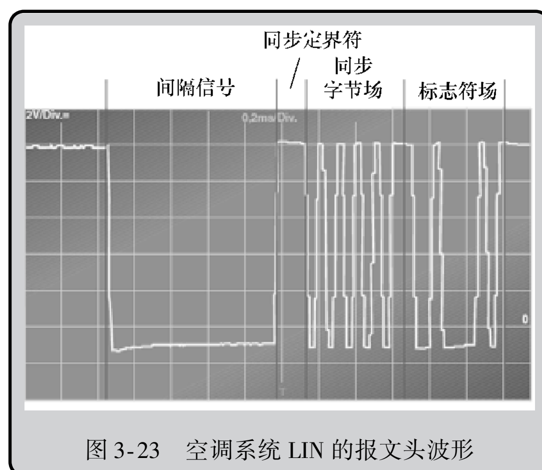


图 3-23　空调系统 LIN 的报文头波形

空调 LIN 总线的工作模式主要有两种：

一种是 LIN 主控制单元发出指令和状态询问，当某功能需要 LIN 从控制单元工作时，由 LIN 主控制单元向 LIN 从控制单元发出指令，命令 LIN 从控制单元按照确定的要求工作。如图 3-24 所示，LIN 主控制单元（空调控制和显示单元）命令 LIN 从控制单元（新鲜空气鼓风机）转速提高到 200r/min，LIN 从控制单元（新鲜空气鼓风机）按要求执行这一命令。

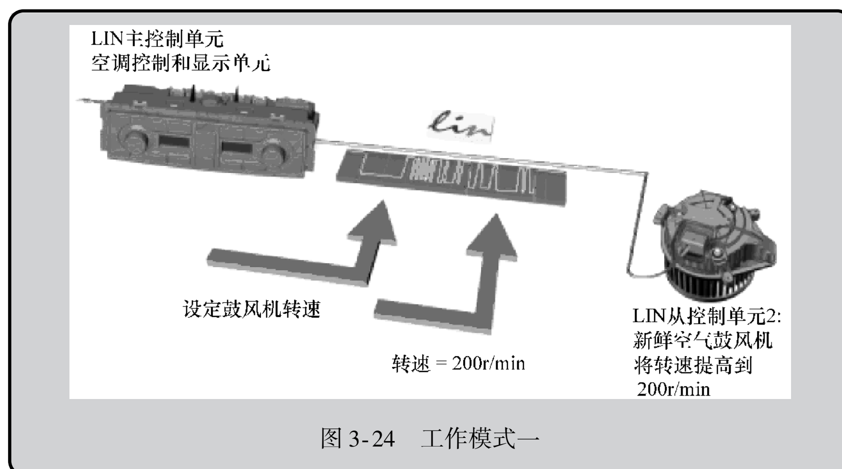


图 3-24　工作模式一

另一种是 LIN 主控制单元需要知道从控制单元的状态时，发出状态询问，由 LIN 从控制单元通过总线反馈其状态。如图 3-25 所示，LIN 主控制单元（空调控制和显示单元）查询 LIN 从控制单元（新鲜空气鼓风机）的转速，LIN 从控制单元（新鲜空气鼓风机）通过

总线反馈其转速为 150r/min。

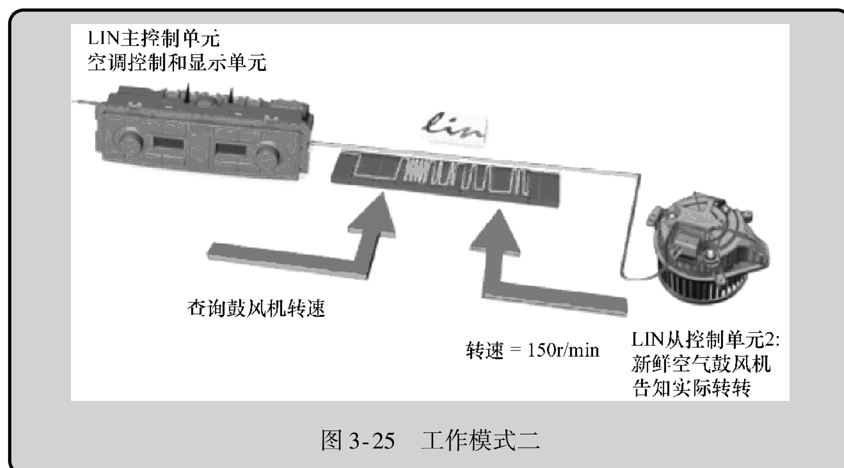


图 3-25　工作模式二

LIN 主控制单元的软件内已经设定了一个顺序，LIN 主控制单元就按这个顺序将报文头发送至 LIN 总线上（如是主信息，发送的是回应），常用的信息会多次传递。LIN 主控制单元的环境条件可能会改变信息的顺序（如点火开关接通/关闭、自诊断已激活/未激活、停车灯接通/关闭）。

为了减少 LIN 主控制单元部件的种类，LIN 主控制单元将全装备车控制单元的报文头发送到 LIN 总线上。如果没有安装选装的控制单元，那么在示波器屏幕会出现没有报文响应的报文头，但这并不影响系统的功能（见图 3-26）。

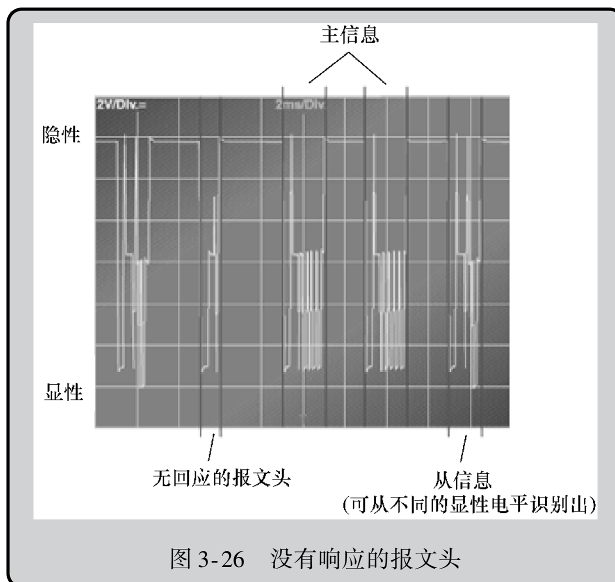


图 3-26　没有响应的报文头

3-82　如何对一汽大众奥迪 A6L LIN 网进行诊断?

一汽大众奥迪 A6L LIN 网的故障主要有链路故障和节点故障，可首先通过测量节点模

块电源与接地电压来分析节点供电是否正常，其次可测量总线电阻，分析是否有短路或断路现象，最后可用专用诊断仪 VAS5052 进入主控制单元读取 LIN 信号。

LIN 主控制单元是自诊断询问地址。从控制单元的自诊断内容（读取测量数据块、执行元件测试、基本设定、故障存储查询）被通过主控制单元的地址来执行。在一定次数通信连接失败后在主控制单元的故障存储中生成“控制单元 XY－没有信号/通信”的故障记录。

LIN 网的通信在 CAN 舒适总线唤醒的情况下同样保持激活状态，在通信中断的情况下（插头脱落、元件的电压供给中断）在主控制单元内产生故障存储记录。

以下以 LIN 刮水器为例来进行具体分析。

（1） LIN 刮水器－刮水片角度控制

主控制单元（Master）：电器系统控制单元（智能功率模块/ILM 左前）。

地址码：09－中央电气系统。

故障存储器：

1） 子总线故障。

① LIN 通信故障总计超过 1s；

② 零件更改，LIN 构成单元包括 Master 的软硬件状态检测；

③ 保险，LIN 构成单元电源供给检测；

④ 检测短路或断路；

⑤ 从控制单元（Slave） 更换；

⑥ 如果从控制单元工作不正常，更换主控制单元（Master）。

2） 子总线执行器 1 没有信号或通信。

① 到某一 LIN 执行器的通信有故障；

② 零件更改，LIN 构成单元软硬件状态检测；

③ 保险，LIN 执行器电源供给检测；

④ 检查到从控制单元的数据线通断检测；

⑤ 从控制单元（Slave） 更换；

⑥ 主控制单元（Master） 更换。

（2） LIN 刮水器－刮水电动机控制　故障存储器：

1） 刮水器故障。

① 刮水角度控制单元故障；

② 零件更改，LIN 构成单元包括 Master 的软硬件状态检测；

③ 保险，LIN 构成单元电源供给检测；

④ 从控制单元（Slave） 更换。

2） 执行器（Slave1） 的 15 引脚超过上限值、下限值。

① 刮水角度控制单元电压过高或过低；

② 保险，执行器（Slave） 的电源供给检测；

③ 从控制单元（Slave） 更换。

（3） 测量数据块

1） 数据块 17，数值 1：控制单元存在，0/1（0＝无/1＝有）；

2） 数据块 18，数值 1：通信故障有故障，关/开/没有通信；

3）数据块19，传感器状态，关/开/故障/没有通信；
4）数据块20，执行元件状态，关/开/故障/没有通信。
（4）执行元件自诊断
① 刮水片上止点；
② 刮水片下止点；
③ 风窗清洗水泵。

3-83　克莱斯勒铂锐轿车的LIN总线的结构是怎样的？

克莱斯勒铂锐轿车的**LIN**总线取代了原来的**MUX**电路或专用电路。**CCN**是其中一个**LIN**总线网络上的主模块，如图**3-27**所示。**CCN**的功能包括：多功能开关（灯光/刮水器）、加热座椅系统、指南针模块和**IP**开关板（包括危险警告灯开关）。另一个**LIN**总线网络上的主模块是**WCM**，这个**LIN**总线网络支持通过**LIN**总线连接**WCM**模块上的高级**TPM**触发器，即轮胎气压监控系统（见图**3-28**）。

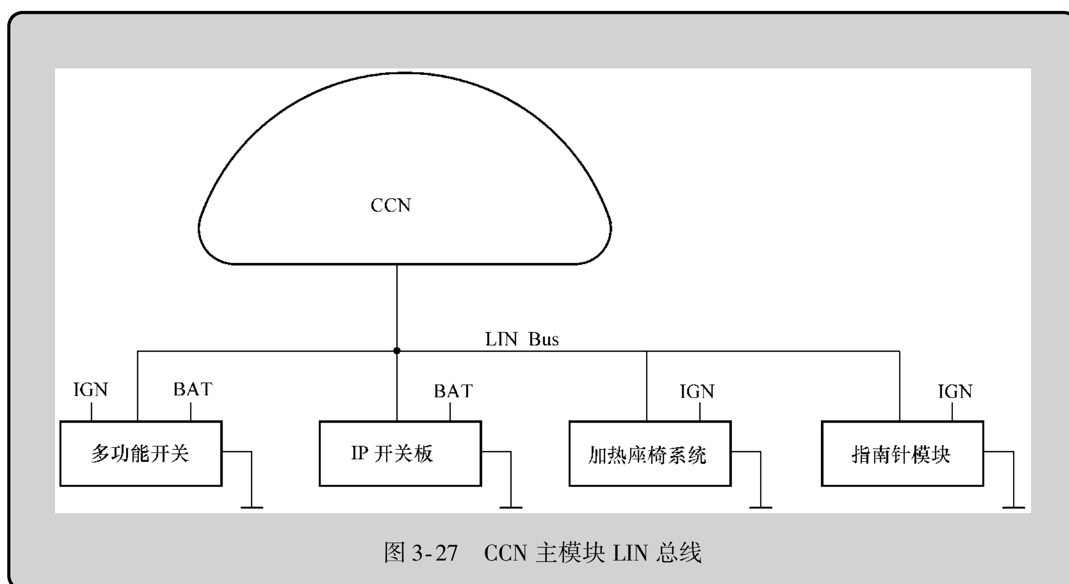


图3-27　CCN主模块LIN总线

克莱斯勒铂锐轿车的LIN总线允许主模块和一个或多个附属模块之间通信（最多15个）；每个LIN总线附属模块要求有如下电路：LIN总线信号、电源（蓄电池电源或点火电源）和接地。

LIN总线附属模块的供给电源由其功能确定，如果附属模块必须在点火开关关闭的状况下工作，必须提供蓄电池电源。如支持危险警告灯功能，IP开关板是蓄电池电源。如果LIN总线模块仅仅在点火开关打开时工作，如指南针模块，供给电源仅仅是点火电源。灯光和刮水器多功能开关同时要求这两种供给电源，这允许灯光功能独立于点火开关状态，然而刮水器的操作要求点火电源供给。

主模块给LIN总线信号提供9～10.5V的偏置电压。为了主模块附属模块之间通信，拉低信号电压产生一个数字序列信息，LIN总线的传输速度为9.6kbit/s；主模块连接到车辆

数据总线上，这允许数据从车辆其他模块传输到 LIN 总线模块。所有的 LIN 总线附属模块的输出必须通过主模块接收处理，如果来自附属模块的输出（开关板）将传输到另一个 LIN 总线附属模块，这个信息必须被主模块接收，然后传输到将要接收的附属模块。附属模块之间的通信必须通过主模块。

如果 LIN 总线附属模块从点火电路接收电源供给，当点火电源关闭时，LIN 总线附属模块进入睡眠模式；如果 LIN 总线附属模块接收直接的蓄电池供给，当车辆数据总线进入睡眠模式时，其接收到睡眠信号。对于 LIN 总线模块由蓄电池供给的电路，主模块和附属模块能相互唤醒，如果附属模块唤醒主模块，车辆总线也会唤醒。

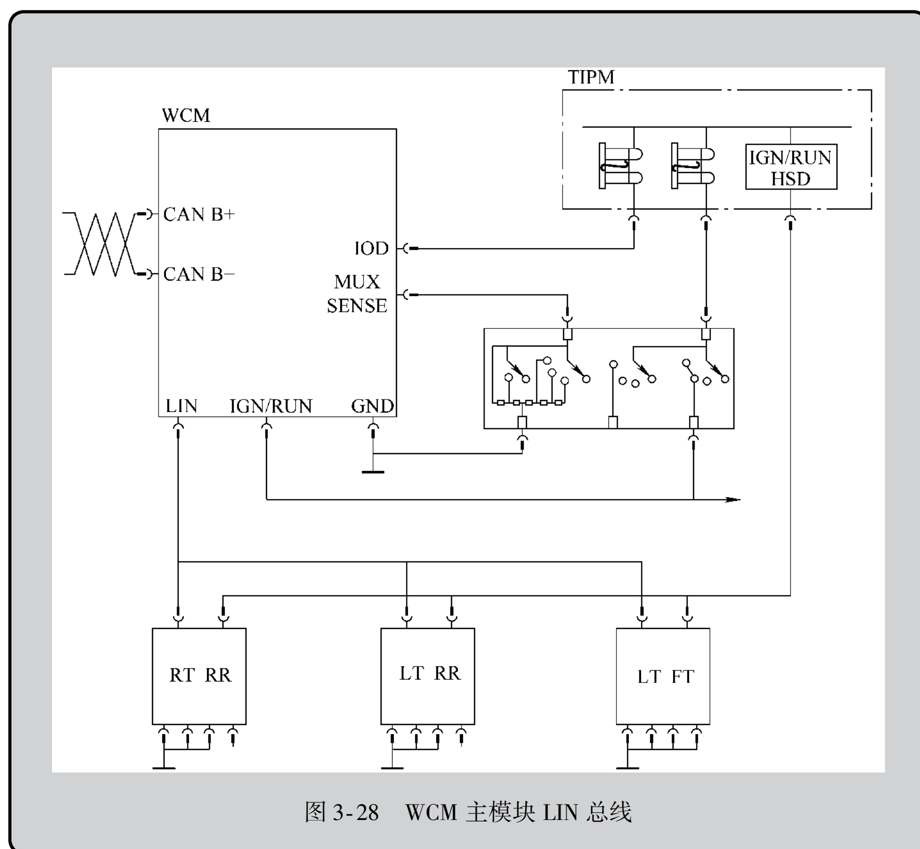


图 3-28 WCM 主模块 LIN 总线

3-84 如何对克莱斯勒铂锐轿车的 LIN 总线进行诊断?

由于 LIN 总线主模块在车辆数据总线上，这允许使用诊断工具通过观察主模块的输入信号检测和诊断 LIN 总线。

任何诊断必须以确定用户的抱怨开始，确认主模块的输入 LIN 总线信号，使用诊断工具检查故障码，有些 LIN 总线模块和电路故障可能在主模块里设置故障码。

如果 LIN 总线系统操作没有反应，LIN 总线可能断路或短路。确认 LIN 总线电路电压，如果电压低（0V），检查电路短路，如有必要，断开附属模块确认是否由于附属模块短路引起的故障。如果电压高（9～10.5V），并且没有波动，检查主模块与附属模块之间是否

断路。

如果 **LIN** 总线系统操作部分有反应，如有些附属模块工作而其他附属模块不工作，确认失效模块 **LIN** 总线信号线、电源线和地线，如果所有的必要电路都正常，剩余的 **LIN** 总线工作，此故障可能是模块本身失效。

3-85　克莱斯勒铂锐轿车的多功能开关 LIN 总线的工作原理是怎样的?

图 3-29 和图 3-30 为多功能开关及其 LIN 总线原理，左操作杆或灯光开关的内部是一个微处理器，其监视着开关位置。每个开关包含一系列的触点，随着开关位置的改变，触点打开或关闭，微处理器监视着触点的打开或关闭，对每个开关位置，都有一个触点的矩阵。尽管大部分开关的功能由打开或关闭的开关决定，但前刮水器/前除雾开关使用有电阻值的 MUX 开关，然后微处理通过 LIN 总线电路将开关功能信息发送到 CCN。



图 3-29　多功能开关

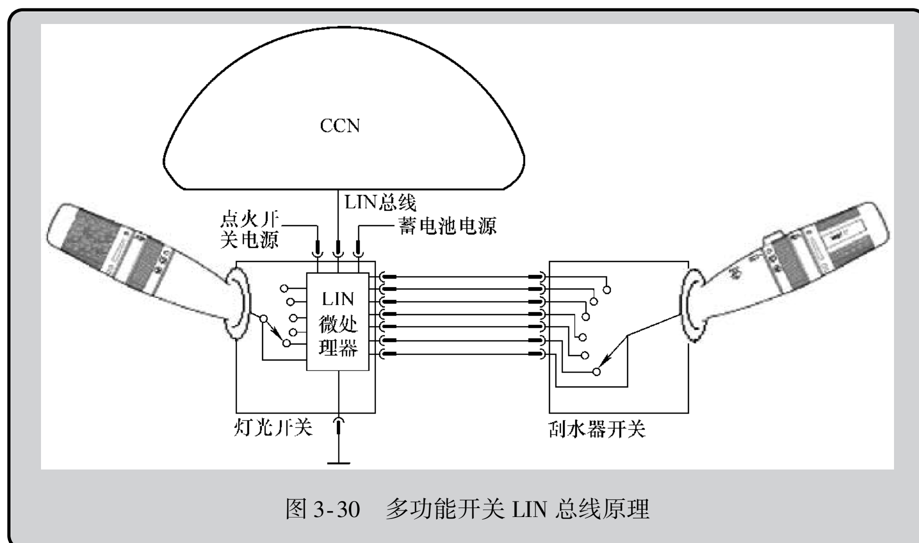


图 3-30　多功能开关 LIN 总线原理

多功能开关 **SCCM** 的底部是一个四针的插头（见图 **3-31**），它连接着车辆线束，此插头包含如下电路：点火运行/起动、蓄电池、**LIN** 总线电路、接地。多功能开关 SCCM 使用

两种电源供给方式支持灯光和刮水器功能。蓄电池直接供给允许灯光功能独立于点火开关状态，点火供给仅仅允许刮水器在点火开关处于 ON 时工作。右操作杆或刮水器开关仅仅包含开关和触点，其通过跳线连接到左部分，这些开关可以分开拆卸和维修。



图 3-31　四针插头

驾驶人安全气囊时钟弹簧集成到多功能开关 SCCM。时钟弹簧包含了四个爆破电路外加喇叭、速度控制、遥控收音机的六个附加电路。这些电路通过多功能开关 SCCM 连接到安全气囊的爆破电路的插头，连接到时钟弹簧。这些爆破电路通过 SCCM 底部的四针插头连接到车辆线束。这些插头可以通过端子附近的短路母线的存在确认；时钟弹簧前面的六针插头与喇叭、速度控制和遥控收音机连接。喇叭、速度控制和遥控收音机的电路通过 SCCM 底部的六针插头（见图 3-32）连接到车辆线束。

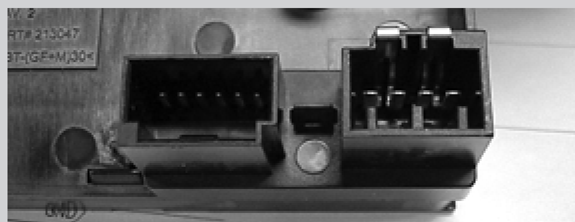


图 3-32　六针插头

如果车辆装备 ESP，SCCM 将包含转向角度传感器 SAS。转向角度传感器 SAS 使用数据盘，它随着转向盘的运动而转动，电路板上的处理器通过读取窗口的大小和先后次序决定转向盘的位置。装备 ESP 和转向角度传感器 SAS 的车辆在多功能开关 SCCM 底部有一个附加的四针插头。这个插头包括如下电路：点火运行/起动、接地、CAN C（+）、CAN C（+）。

3-86　三菱欧蓝德 LIN 网的结构是怎样的?

如图 3-33 所示，**三菱欧蓝德中的主 ECU（LIN 主控制单元）和副 ECU（LIN 从控制**

单元）组成 LIN 网。主 ECU 是电子控制定时和报警系统 – ECU（ETACS – ECU），它又是网关，与 CAN 网连接在一起。副 ECU 除了转向柱开关（转向柱 – ECU），还有因配置不同选装的副 ECU，如装配天窗的车辆有天窗 – ECU，带自动灯功能的车辆有灯光控制传感器，转向盘左置的车辆有电动车窗主开关、前部电动车窗副开关、后部右侧电动车窗副开关和后部左侧电动车窗副开关，装配防盗报警传感器的车辆有防盗报警器（通过 LIN 切断控制单元）和防盗报警器。主 ECU 要求各副 ECU 之间通过通信线路进行通信。

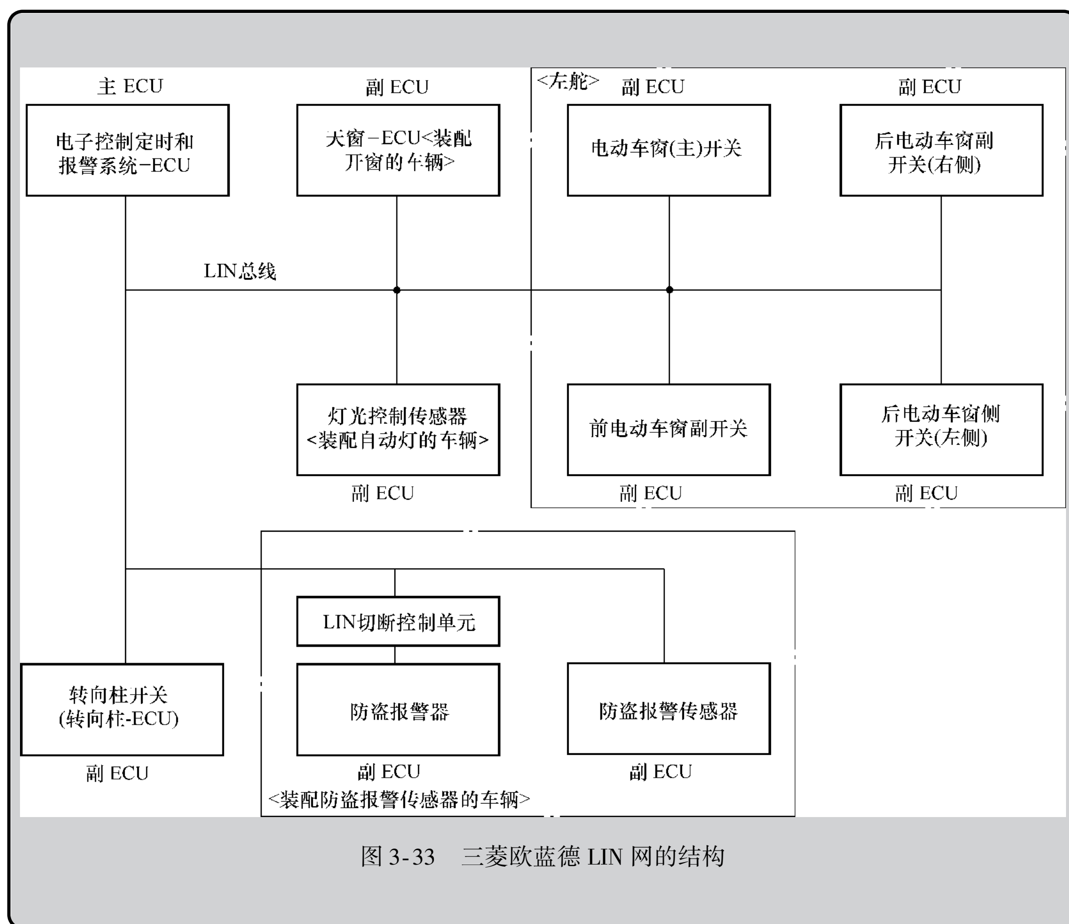


图 3-33　三菱欧蓝德 LIN 网的结构

3-87　三菱欧蓝德 LIN 网的诊断专用工具有哪些?

如图 3-34 所示，三菱欧蓝德 LIN 网的诊断专用工具是 MUT – Ⅲ，其用于诊断 LIN 网的分总成有：MUT – Ⅲ车辆通信接口（VCI）（MB991824）、MUT – Ⅲ USB 电缆（MB991827）、MUT – Ⅲ主线束 A（MB991910）、MUT – Ⅲ测量适配器（MB991825）和 MUT – Ⅲ触发线束（MB991826）。

以上工具用于 LIN 通信线路检查（维修数据和故障码）。

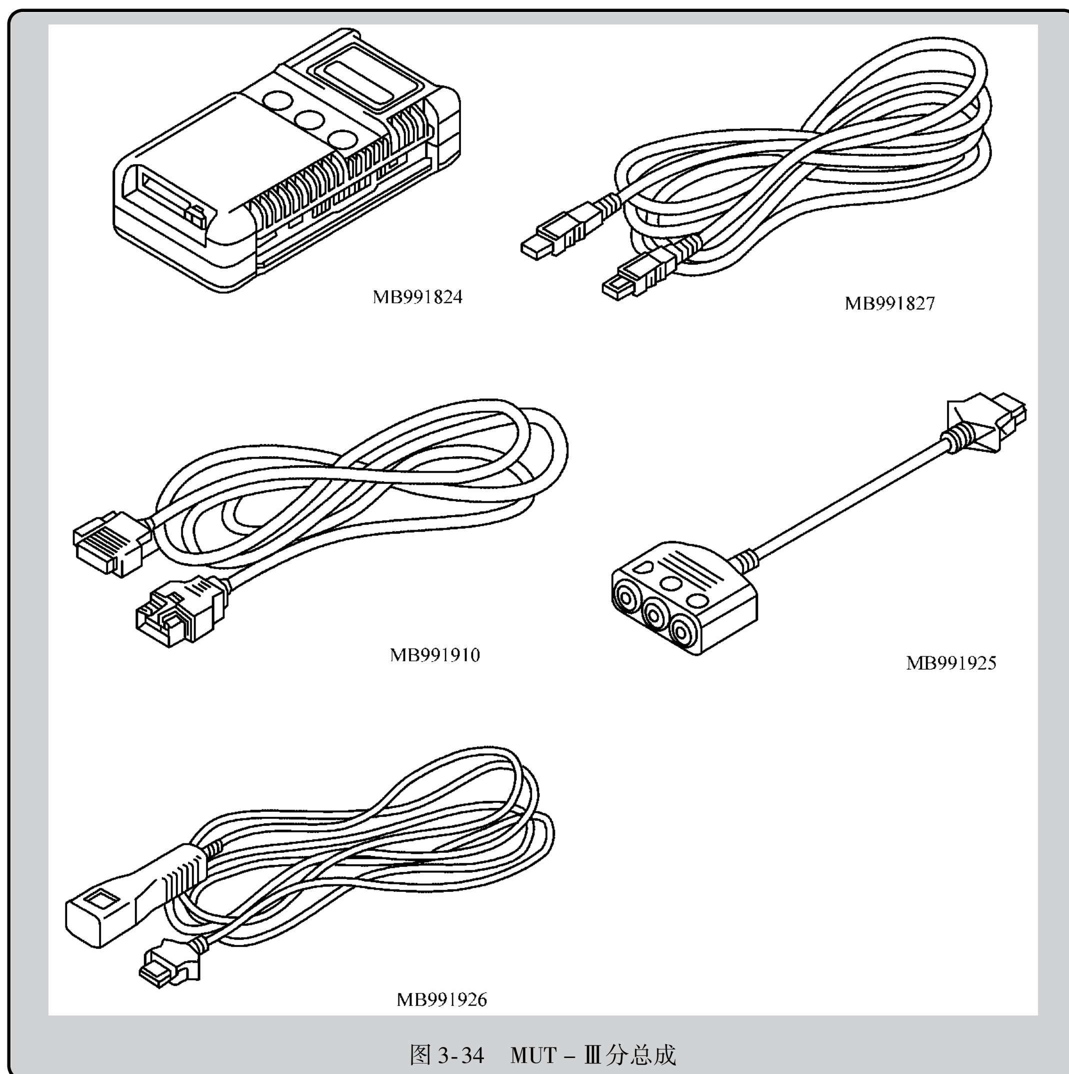


图 3-34　MUT－Ⅲ分总成

3-88　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码及其诊断项目有哪些?

表 3-2 为三菱欧蓝德 LIN 网的所有故障码及其诊断项目。

表 3-2　三菱欧蓝德 LIN 网的所有故障码及其诊断项目

故障码	诊断项目
U1109	转向柱开关 LIN 暂停
U0215	电动车窗（驾驶人侧）LIN 暂停（转向盘左置车辆）
U0216	电动车窗（前排乘客）LIN 暂停（转向盘左置车辆）
U0217	电动车窗（左后）LIN 暂停（转向盘左置车辆）
U0218	电动车窗（右后）LIN 暂停（转向盘左置车辆）
U0169	天窗 LIN 暂停（装配天窗的车辆）

（续）

故障码	诊断项目
U0231	雨水光线传感器 LIN 暂停（带自动灯功能的车辆）
U1006	防盗报警器 LIN 暂停
U1007	防盗报警传感器 LIN 暂停
U150B	转向管柱开关检查和错误
U150C	电动车窗（驾驶人侧）开关检查和错误（转向盘左置车辆）
U150D	电动车窗（前排乘客）开关检查和错误（转向盘左置车辆）
U150E	电动车窗（左后）开关检查和错误（转向盘左置车辆）
U150F	电动车窗（右后）开关检查和错误（转向盘左置车辆）
U1511	天窗检查和错误（装配天窗的车辆）
U1512	雨水光线传感器检查和错误（带自动灯功能的车辆）
U1514	位错误（LIN）
U1515	无总线激活故障（LIN）

3-89 三菱欧蓝德 LIN 网的故障码如何读取？

连接或断开 MUT－Ⅲ之前，应将点火开关转到“LOCK”（OFF）位置。

如图 3-35 所示，具体步骤如下：

1）确保点火开关在“LOCK”（OFF）位置。

2）启动个人计算机。

3）将专用的 MUT－Ⅲ USB 电缆（MB991827）连接到 VCI（MB991824）和个人计算机。

4）将 MUT－Ⅲ主线束 A（MB991910）连接到 VCI。

5）将 MUT－Ⅲ主线束 A 连接到车辆的诊断插接器。

6）将 VCI 的电源开关转到“ON”位置。当 VCI 通电时，VCI 指示灯以绿色点亮。

7）如图 3-36 所示，启动个人计算机上的 MUT－Ⅲ系统，然后将点火开关转到“ON”位置。

8）如图 3-37 所示，启动 STV（Scan Tool Viewer）。

9）如图 3-38 所示，进入“系统选择”。

10）如图 3-39 所示，选择“ETACS（电子控制定时和报警系统）”。

11）如图 3-40 所示，进入“自我诊断”。

12）如图 3-41 所示，读取故障码。

13）读取故障码完毕，按连接的相反顺序断开 MUT－Ⅲ，确保点火开关处于“LOCK”（OFF）位置。

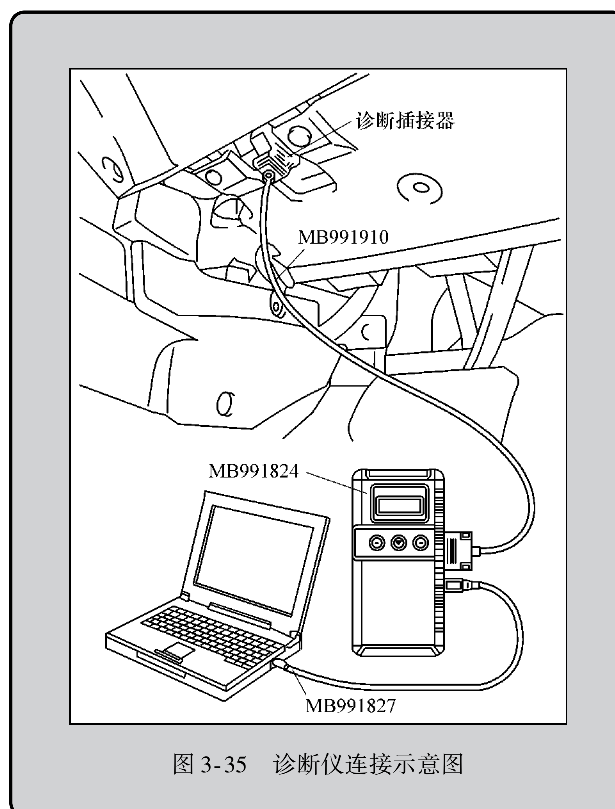


图 3-35　诊断仪连接示意图



图 3-36　启动个人计算机上的 MUT－Ⅲ系统

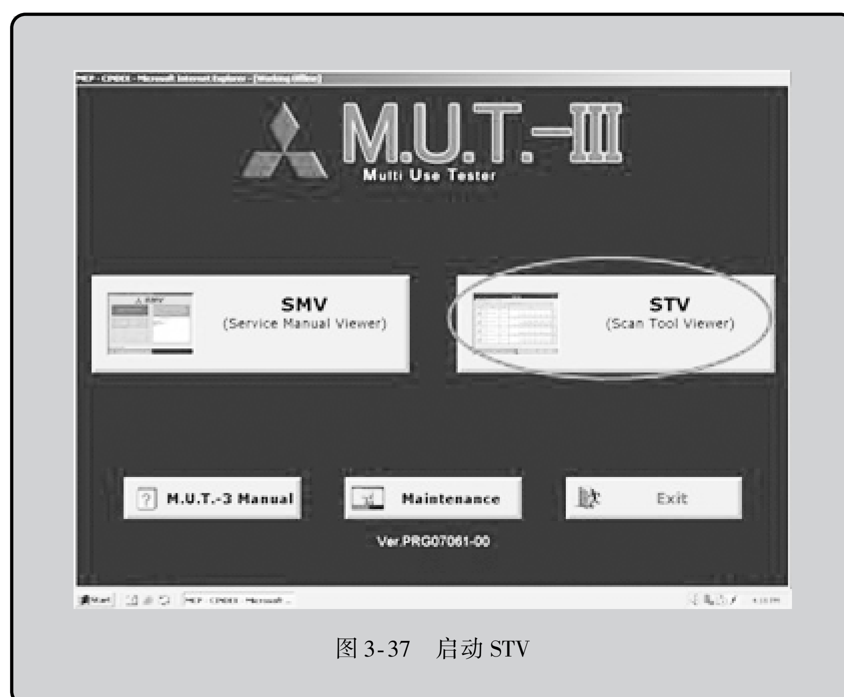


图 3-37　启动 STV

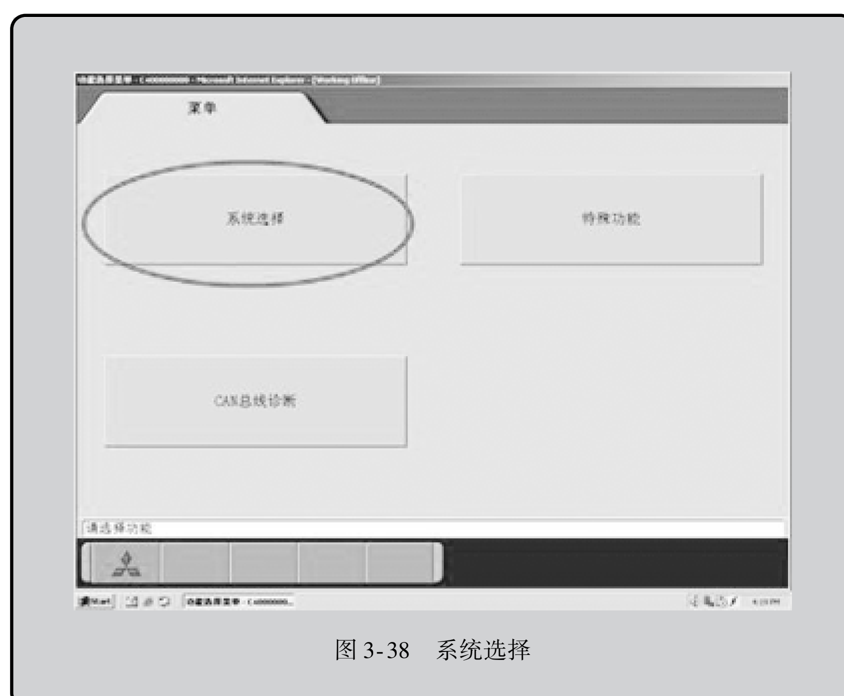


图 3-38　系统选择

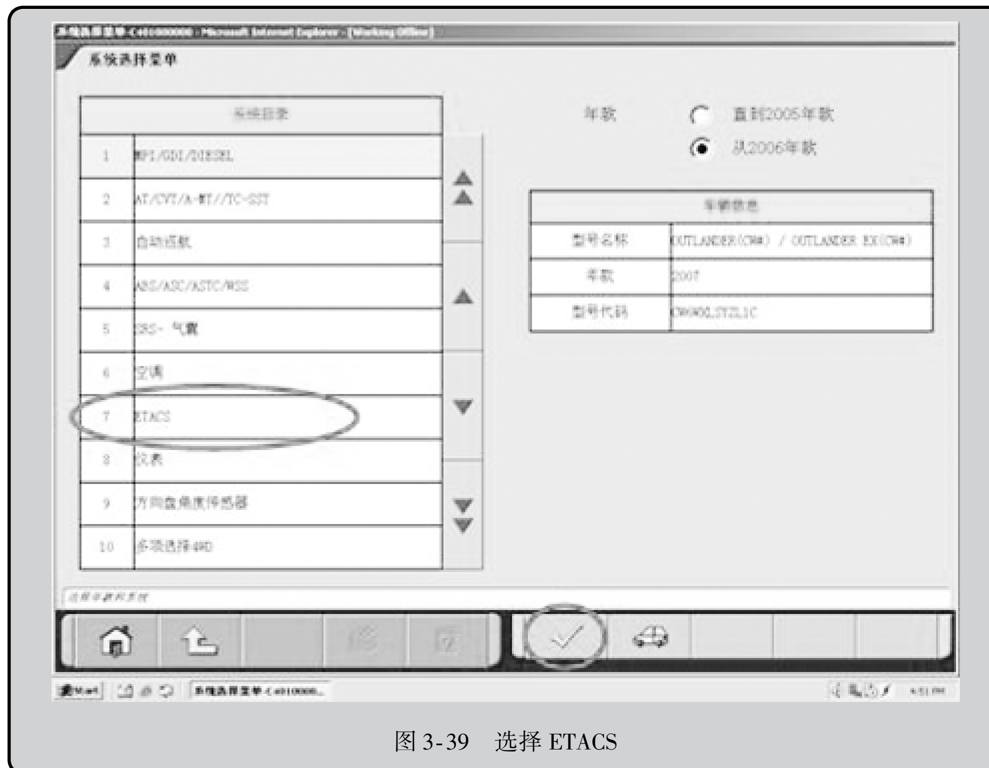


图 3-39　选择 ETACS



图 3-40　进入“自我诊断”

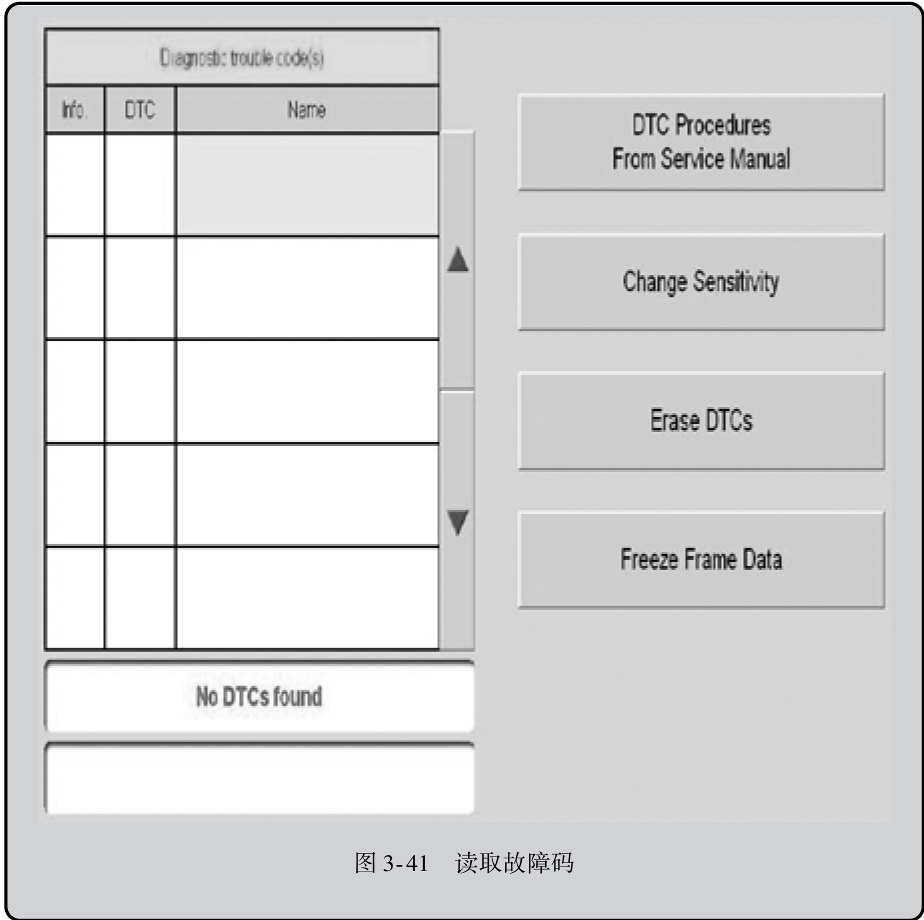


图 3-41　读取故障码

3-90　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码 "U1109 转向柱开关 LIN 暂停" 的诊断步骤是怎样的?

图 3-42 为转向柱开关 LIN 通信电路。

(1) 判断标准　没有接收到转向柱开关 ECU 信号时，ETACS - ECU 将设置故障码 U1109，转向柱开关 LIN 暂停。

(2) 可能的原因

1）照明开关发生故障（转向盘左置车辆）。

2）刮水器和清洗器开关发生故障（转向盘右置车辆）。

3）LIN 总线发生故障。

(3) 诊断程序

1）检查插接器：ETACS - ECU 插接器 C - 301 和 C - 317、转向柱开关插接器 C - 210。检查结果正常则转入 2)，不正常则修理发生故障的插接器。

2）测量转向柱开关插接器 C - 210 处的电阻。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量转向柱开关插接器 C - 210 的 4 号端子与车身接地之间的电阻。若正常导通（不大于 2Ω）则转到 4)，否则转到 3)。



3）检查转向柱开关插接器 C－210 的 4 号端子与车身接地之间的线束。

检查接地线路是否断路，如断路则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

转向柱开关LIN通信电路

ETACS-ECU

LIN驱动电路

接口电路

易熔丝⑧

10 C-317

1 C-301

BR

V

1

3

转向柱开关 C-210 (MU801514)

转向柱-ECU

4

B

图 3-42　转向柱开关 LIN 通信电路

4）测量转向柱开关插接器 C－210 处的电压。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量转向柱开关插接器 C－210 的 1 号端子与车身接地之间的电压。如为正常系统电压则转到 6），否则转到 5）。

5）检查转向柱开关插接器 C－210 的 1 号端子与 ETACS－ECU 插接器 C－317 的 10 号端子之间的线束。

检查供电线路是否断路和短路。如正常则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

6）检查 ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子和转向柱开关插接器 C－210 的 3 号端子之间的线束。

检查通信线路是否断路。如正常则转到 7），否则修理线束。

7）检查是否重新设置了故障码。

清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置。再次检查 ETACS－ECU 中是否设置了故障码。如是则更换照明开关（转向盘左置车辆）或刮水器/清洗器开关（转向盘右置车辆）。否则转向柱开关与 ETACS－ECU 之间的 LIN 总线中可能存在连接不良、断路或其他间歇性故障。

3-91　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U0215 电动车窗开关（驾驶人侧）LIN 暂停”的诊断步骤是怎样的?

图 3-43 为电动车窗主开关（驾驶人侧）LIN 通信电路。

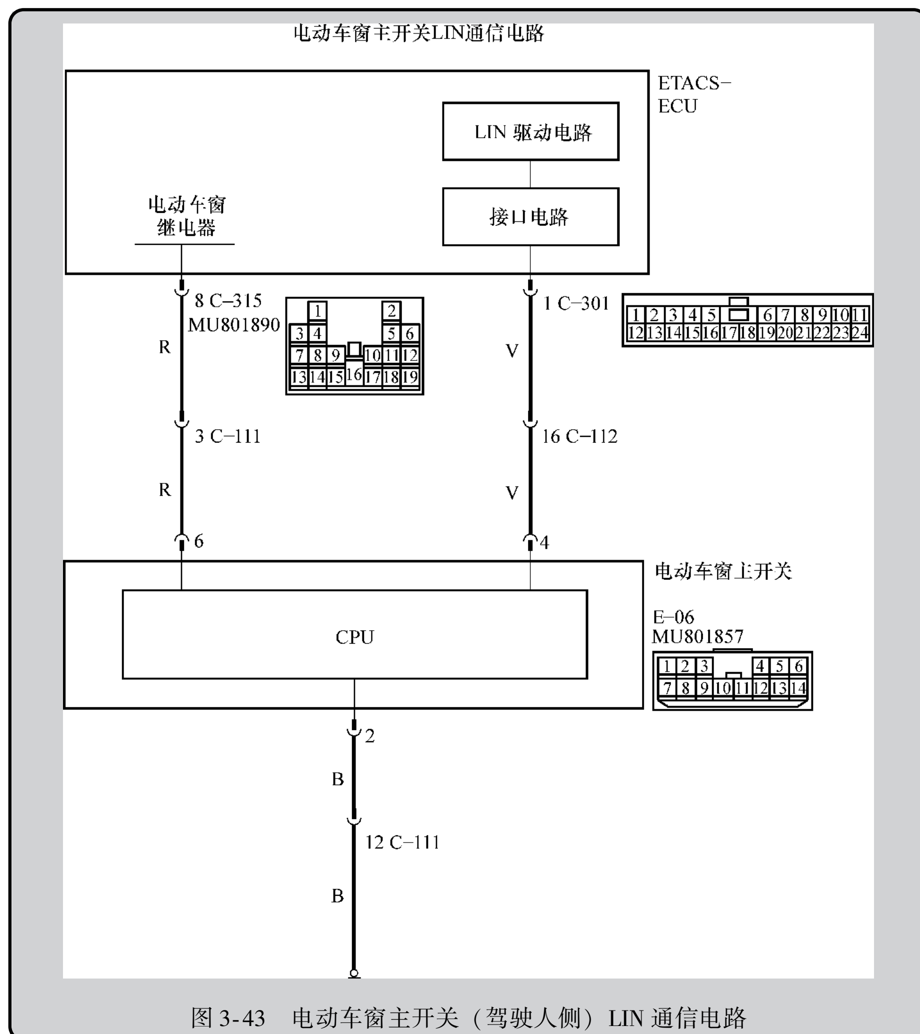


图 3-43　电动车窗主开关（驾驶人侧）LIN 通信电路

(1) 判断标准　没有接收到电动车窗主开关信号时，ETACS－ECU 将设置故障码 U0215。

(2) 可能的原因

1）电动车窗主开关发生故障。

2）LIN 总线发生故障。

(3) 诊断程序

1）检查插接器：ETACS－ECU 插接器 C－301 和 C－315、电动车窗 MAIN（主）开关插接器 E－06。

检查结果正常则转到 2)，否则修理发生故障的插接器。

2）测量电动车窗主开关插接器 E－06 处的电阻。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量电动车窗主开关插接器 E－06 的 2 号端子与车身接地之间的电阻。如正常导通（不大于 2Ω）则转到 4)，否则转到 3)。

3）检查电动车窗主开关插接器 E－06 的 2 号端子与车身接地之间的线束。

检查线束之前，检查中间插接器 C－111，如有必要进行修理。检查接地线路是否断路。正常则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

4）测量电动车窗主开关插接器 E－06 处的电压。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。点火开关打到 ON 位置，测量电动车窗主开关插接器 E－06 的 6 号端子与车身接地之间的电压。如为正常系统电压则转到 6)，否则转到 5)。

5）检查电动车窗主开关插接器 E－06 的 6 号端子与 ETACS－ECU 插接器 C－315 的 8 号端子之间的线束。

检查线束之前，检查中间插接器 C－111，如有必要进行修理。检查供电线路是否断路和短路。正常则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

6）检查 ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子和电动车窗主开关插接器 E－06 的 4 号端子之间的线束。

检查线束之前，先检查中间插接器 C－112，如有必要进行修理。检查通信线路是否断路。检查结果正常则转到 7)，否则修理线束。

7）检查是否重新设置了故障码。

清除故障码。将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置。再次检查 ETACS－ECU 中是否设置了故障码。如是则更换电动车窗主开关，否则电动车窗主开关与 ETACS－ECU 之间的 LIN 总线中可能存在连接不良、断路或其他间歇性故障。

3-92　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码 “U1006 防盗报警器 LIN 暂停” 的诊断步骤是怎样的?

图 3-44 为防盗报警器 LIN 通信电路。

(1) 判断标准　未接收到来自防盗报警器的信号时，ETACS－ECU 会设置故障码 U1006。

(2) 可能的原因

1）防盗报警器发生故障。

2）LIN 切断控制单元发生故障。

3）LIN 总线发生故障。

(3) 诊断程序

1）检查插接器：ETACS－ECU 插接器 C－301、C－304、C－312 和 C－317，LIN 切断

控制单元插接器 C－41，防盗报警器插接器 A－66。

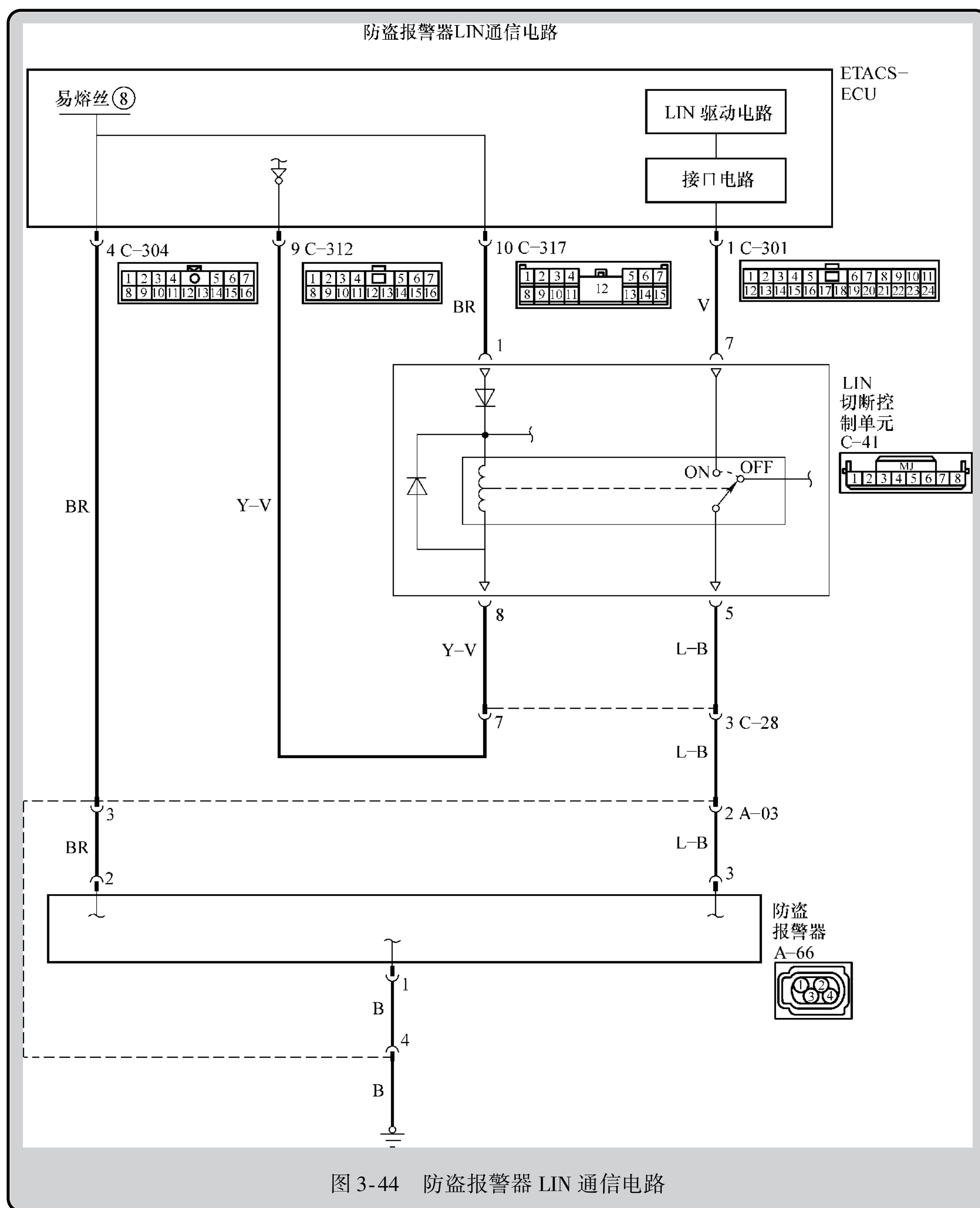


图 3-44　防盗报警器 LIN 通信电路

检查结果正常则转到 2），否则修理发生故障的插接器。

2）测量防盗报警器插接器 A－66 处的电阻。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量防盗报警器插接器 A－66 的 1 号端子与车身接地之间的电阻。如正常导通（不大于 2Ω）转到 4），否则转到 3）。

3）检查防盗报警器插接器 A－66 的 1 号端子与车身接地之间的线束。

检查线束之前，先检查中间插接器 A－03，如有必要进行修理。检查接地线路是否断路，检查结果正常则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

4）测量防盗报警器插接器 A－66 处的电压。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量防盗报警器插接器 A－66 的 2 号端子与车身接地之间的电压。如为系统电压正常则转到 6），否则转到 5）。

5）检查防盗报警器插接器 A－66 的 2 号端子与 ETACS－ECU 插接器 C－304 的 4 号端子之间的线束。

检查线束之前，先检查中间插接器 A－03，如有必要进行修理。检查供电线路是否断路和短路。检查结果正常则该故障可能为间歇性故障，否则修理线束。

6）检查 LIN 切断控制单元。

检查 LIN 切断控制单元。检查结果正常则转到 7），否则更换 LIN 切断控制单元。

7）测量 ETACS－ECU 插接器 C－312 处的电压。

断开插接器，然后在线束侧进行测量。测量 ETACS－ECU 插接器 C－312 的 9 号端子与车身接地之间的电压。如为正常系统电压则转到 10），否则转到 8）。

8）检查 ETACS－ECU 插接器 C－317 的 10 号端子与 LIN 切断控制单元插接器 C－41 的 1 号端子之间的线束。

检查供电线路是否断路和短路。检查结果正常则转到 9），否则修理线束。

9）检查 LIN 切断控制单元插接器 C－41 的 8 号端子与 ETACS－ECU 插接器 C－312 的 9 号端子之间的线束。

检查线束之前，先检查中间插接器 C－28，如有必要进行修理。检查供电线路是否断路和短路。检查结果正常则转到 12），否则修理线束。

10）检查 ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与 LIN 切断控制单元插接器 C－41 的 7 号端子之间的线束导线。

检查通信线路是否断路。检查结果正常则转到 11），否则修理线束。

11）检查 LIN 切断控制单元插接器 C－41 的 5 号端子与防盗报警器插接器 A－66 的 3 号端子之间的线束导线。

检查线束之前，先检查中间插接器 A－03 和 C－28，如有必要进行修理。检查通信线路是否断路。检查结果正常则转到 12），否则修理线束。

12）暂时更换防盗报警器，然后检查是否设置了故障码。

清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，再次检查 ETACS－ECU 中是否设置了故障码。如是则更换 ETACS－ECU，否则更换防盗报警器。

3-93　三菱欧蓝德 LIN 网的故障码“U1515：总线不工作故障（LIN）”的诊断步骤是怎样的？

图 3-45 为 LIN 通信电路。

（1）故障判断　从各副 ECU（从控制单元）接收最后的有效数据之后，如果超过一定的时间没有进行通信，则 TACS－ECU 将设置故障码 U1515。

（2）可能的原因

1）ETACS－ECU 发生故障。

2）副 ECU 发生故障。

3）LIN 总线对电源短路。

4）LIN 总线对地短路。

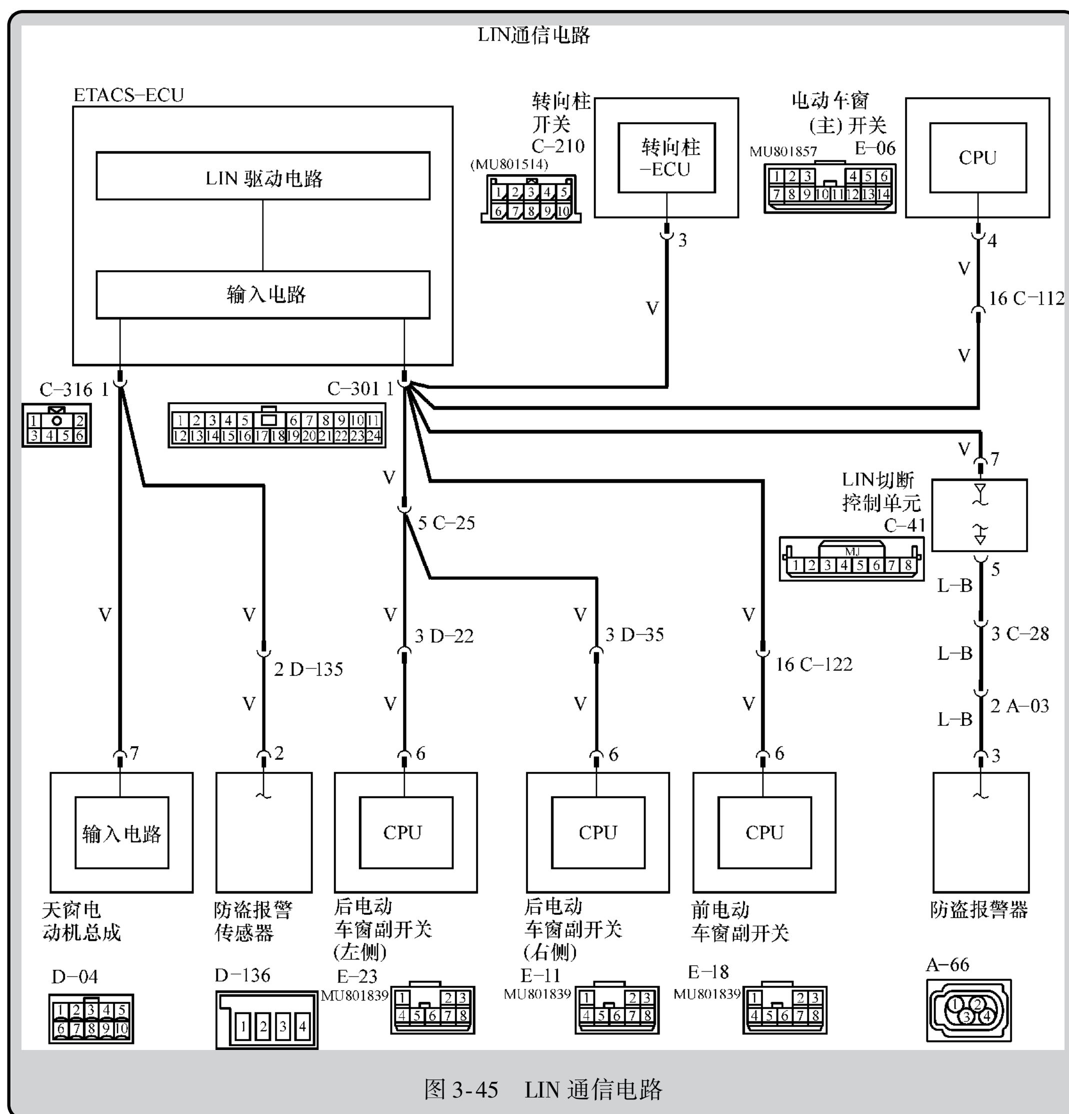


图 3-45　LIN 通信电路

（3）诊断程序

1）检查 ETACS－ECU 插接器 C－301 和 C－316、转向柱开关插接器 C－210、电动车窗主开关插接器 E－06、前部电动车窗副开关插接器 E－18、后部电动车窗副开关（左侧）插接器 E－23、后部电动车窗副开关（右侧）插接器 E－11、天窗电动机总成插接器 D－04（装配天窗的车辆）、防盗报警传感器插接器 D－136（装配防盗报警传感器的车辆）、防盗报警器插接器 A－66（装配防盗报警传感器的车辆）、LIN 切断控制单元插接器 C－41（装配防盗报警传感器的车辆）。

装配防盗报警传感器的车辆所有插接器均状况良好则转到 2），未装配防盗报警传感器

的车辆所有插接器均状况良好则转到 3)，否则修理发生故障的插接器。

2）检查 LIN 切断控制单元。

检查结果正常则转到 3)，否则更换 LIN 切断控制单元。

3）检查以下插接器之间的线束是否断路：

① ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与转向柱开关插接器 C－210 的 3 号端子之间的线束。

② ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与电动车窗主开关插接器 E－06 的 4 号端子之间的线束。

③ ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与前部电动车窗副开关插接器 E－18 的 6 号端子之间的线束。

④ ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与后部电动车窗副开关（左侧）插接器 E－23 的 6 号端子之间的线束。

⑤ ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与后部电动车窗副开关（右侧）插接器 E－11 的 6 号端子之间的线束。

⑥ ETACS－ECU 插接器 C－316 的 1 号端子与天窗电动机总成插接器 D－04 的 7 号端子之间的线束。(装配天窗的车辆。)

⑦ ETACS－ECU 插接器 C－316 的 1 号端子与防盗报警传感器插接器 D－136 的 2 号端子之间的线束。(装配防盗报警传感器的车辆。)

⑧ ETACS－ECU 插接器 C－301 的 1 号端子与防盗报警器插接器 A－66 的 3 号端子之间的线束。(装配防盗报警传感器的车辆。)

检查线束之前，检查中间插接器 A－03、C－25、C－28、C－112、C－122、C－133、D－22 和 D－35，如有必要则进行修理。

所有线束均状况良好则转到 4)，否则修理线束。

4）测量 LIN 总线处的电压。

检查 LIN 总线是否对电源短路。断开所有与 LIN 总线相连的插接器。将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置。测量转向柱开关插接器 C－210 的 3 号端子与接地之间的电压，电压表指针不摆动则正常。测量天窗电动机总成插接器 D－04 的 7 号端子与接地之间的电压（装配天窗的车辆)，电压表指针不摆动则正常。

检查结果正常则转到 5)，否则修理线束。

5）测量 LIN 总线处的电阻。

检查 LIN 总线是否对地短路。断开所有与 LIN 总线相连的插接器。测量转向柱开关插接器 C－210 的 3 号端子与接地之间的电阻，不导通（不小于 1kΩ）则正常。测量天窗电动机总成插接器 D－04 的 7 号端子与接地之间的电阻值（装配天窗的车辆)，不导通（不小于 1kΩ）则正常。检查结果正常则转到 6)，否则修理线束。

6）检查转向柱开关。

连接所有相关的 ECU，然后只断开转向柱开关插接器 C－210。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置。检查是否设置了故障码 U1515。

如果未设置故障码 U1515，则会因断开转向柱开关而设置故障码 U1109。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置。如果设置了故障码U1515则重新连接转向柱开关插接器，然后转到7)，否则更换照明开关。

7）检查电动车窗主开关。

连接所有相关的ECU，然后只断开电动车窗主开关插接器E－06，清除故障码。将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码U1515。

如果未设置故障码U1515，则会因断开电动车窗主开关而设置故障码U0215。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置。如果设置了故障码U1515，则重新连接电动车窗主开关插接器，然后转到8)，否则更换电动车窗主开关。

8）检查前部电动车窗副开关。

连接所有相关的ECU，然后只断开前部电动车窗副开关插接器E－18。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码U1515。

如果未设置故障码U1515，则会因断开前部电动车窗副开关而设置故障码U0216。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置。如果设置了故障码U1515则重新连接前部电动车窗副开关插接器，然后转到9)，否则更换前部电动车窗副开关。

9）检查后部电动车窗副开关（左侧）。

连接所有相关的ECU，然后只断开后部电动车窗副开关（左侧）插接器E－23。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码U1515。

如果未设置故障码U1515，则会因断开后部电动车窗副开关（左侧）而设置故障码U0217。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置。如果设置了故障码U1515则重新连接后部电动车窗副开关（左侧）插接器，然后转到10)，否则更换后部电动车窗副开关（左侧)。

10）检查后部电动车窗副开关（右侧)。

连接所有相关的ECU，然后只断开后部电动车窗副开关（右侧）插接器E－11。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码U1515。

如果未设置故障码U1515，则会因断开后部电动车窗副开关（右侧）而设置故障码U0218。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置。

问题：是否设置了故障码U1515，如果设置了故障码U1515则重新连接后部电动车窗副开关（右侧）插接器，然后转到11)，否则更换后部电动车窗副开关（右侧)。

11）检查天窗电动机总成。

连接所有相关的ECU，然后只断开天窗电动机总成插接器D－04。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码U1515。

如果未设置故障码U1515，则会因断开了天窗电动机总成而设置故障码U0169。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置，如果设置了故障码U1515则重新连接天窗电动机总成插接器，然后转到12)，否则更换天窗电动机总成。

12）检查防盗报警传感器。

连接所有的相关 ECU，然后仅断开防盗报警传感器插接器 D－136。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码 U1515。

如果未设置故障码 U1515，则由于断开了防盗报警传感器，会设置故障码 U1007。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置，如果设置了故障码 U1515 则重新连接防盗报警传感器插接器，然后转到 13)，否则更换防盗报警传感器。

13）检查防盗报警器。

连接所有的相关 ECU，然后仅断开防盗报警器插接器 A－66。清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，检查是否设置了故障码 U1515。

如果未设置故障码 U1515，则由于断开了防盗报警器，会设置故障码 U1006。这种情况是正常的。

将点火开关转到“LOCK”位置，如果设置了故障码 U1515 则重新连接防盗报警器插接器，然后转到 14)，否则更换防盗报警器。

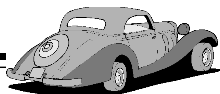
14）重新检查有无故障码。

清除故障码，将点火开关从“LOCK”位置转到“ON”位置，再次检查 ETACS－ECU 中是否设置了故障码 U1515，再将点火开关转到“LOCK”位置。

如果设置了故障码 U1515 则更换 ETACS－ECU，否则该故障可能为间歇性故障。



第四章



MOST 总线及其维修技能

4-94　什么是 MOST?

如图 4-1 所示，**MOST 是 Media Oriented System Transport 的英文缩写，含义为面向媒体的系统传输，代表一个以媒体为本的数据传送网络，也就是说该系统将符合地址的信息传送到某一接收器上，这点与 CAN 数据总线是不同的。MOST 是一个标准的高速数据传送系统，利用光导纤维作为信息传导媒介，采用环形拓扑结构进行数字信号的传输。它可以传送同步数据（音频信号、视频信号等流动型数据）、非同步数据（访问网络及访问数据库等的数据包）和控制数据（控制报文及控制整个网络的数据）。**



图 4-1　MOST 的含义

图 4-2 为一个基于 MOST 总线的典型车载高端娱乐系统，做到了卫星接收器、数字 A/V 播放器、数字存储设备、车用通信系统、CD 以及 DVD 播放机、调谐器、LCD 显示设备以及 GPS 导航系统之间的光学互联。



图 4-2　基于 MOST 总线的典型车载高端娱乐系统

4-95　为什么要采用 MOST 总线?

随着人们对车载娱乐系统功能、信息服务功能及通信功能需求的不断提高，车上的信息娱乐装置的数量和复杂程度不断增加，汽车上传输数据、声音或图像时的数据量越来越大，传统的联网方式已无法满足需求（见图 4-3）。虽然目前已有许多种车载网络系统，如 LIN 总线、CAN 总线、FlexRay 等，但这些系统的传输速率表现都无法满足车用多媒体信息的运载传输之需，其中 LIN 总线只有 20kbit/s，CAN 总线只有 1Mbit/s，FlexRay 一般而言也只有 10Mbit/s，双线并用才能达 20Mbit/s，这些都不足以用来传递实时性的多媒体信息。

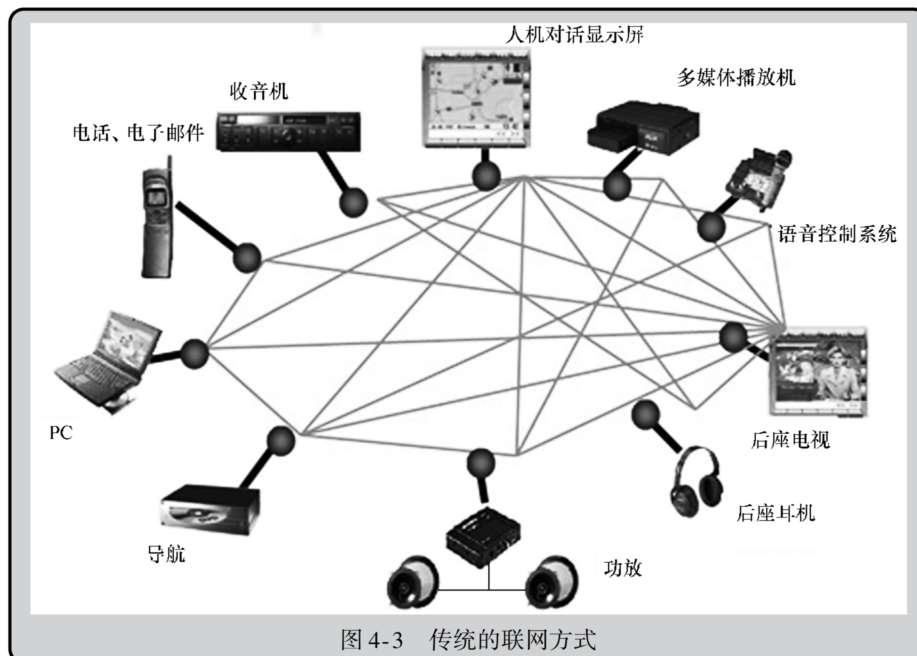


图 4-3　传统的联网方式

随着车内娱乐系统的发展、数据传输技术的精进（如倒车影像功能），车用电子越来越需要使用多媒体式传输，最适合此方面的传输接口就属MOST（见图4-4），其次还有蓝牙（Bluetooth）。不过，Bluetooth绝对无法取代MOST在车用多媒体传输的地位。首先，MOST是实线传输，而且是光纤线路传输，而且可以是塑料光纤（比较省成本），使用光纤可以让信息传输量加大，未来的传输提升潜力也较高，同时也较能稳定传输（因为没有接地回路，也不受电磁干扰），这些是Bluetooth的无线传输所不及的。其次，Bluetooth的传输效能也不足，即便是强化传输率3倍的Bluetooth 2.0也都只有3Mbit/s，比CAN总线还低，且Bluetooth节点装置数也明显不足。所以，MOST依旧会是车用电子中的最佳多媒体传输网络，Bluetooth可以作为备用辅助，可以用来传递简单的音讯（如车载免提、语音播报、娱乐音效）或GPS导航信息等，至于实时性要求严苛性要求更高、更严苛性要求的音视频数据传输还是需要使用MOST传输网络。

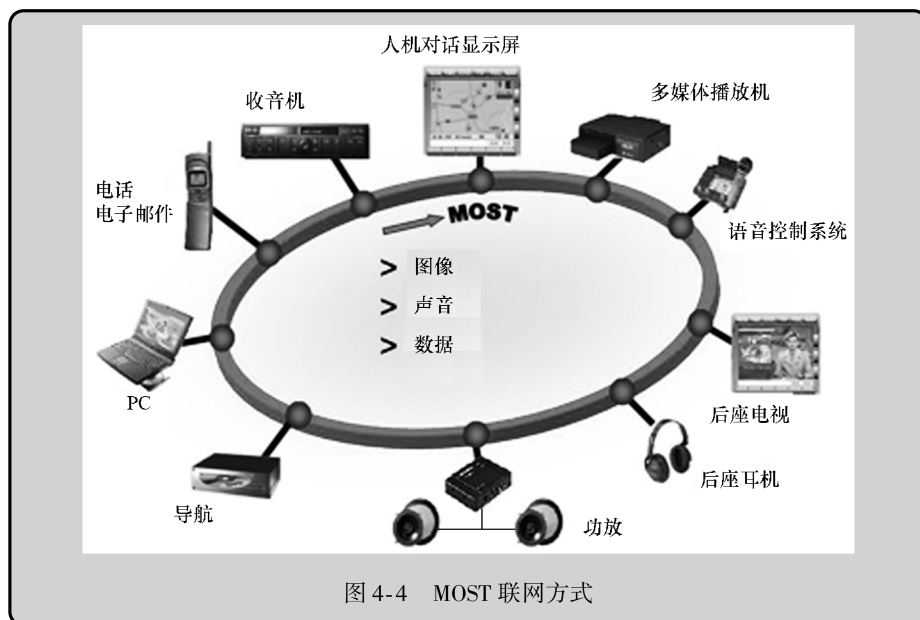


图4-4　MOST联网方式

4-96　MOST经过了怎样的发展历程？

MOST是汽车业合作的成果，不具备正式的标准。作为宝马公司、戴姆勒克莱斯勒（DaimlerChrysler）公司、Harman/Becker公司（音响系统制造商）和Oasis Silicon Systems公司之间的一项联合，MOST的最初构想始于20世纪90年代中期。其后不久，参与各方建立了一个自主的实体，即MOST联盟，旨在促进MOST技术成为多媒体网络的通用标准。

如图4-5所示，**2001年，MOST技术首次应用在德国宝马BMW的7系列车型上。**

如图4-6所示，**2003年，MOST的传控网络技术逐步扩展，至少有10种的欧洲量产车采行了MOST技术。**

2006年，MOST联盟包括16家汽车制造商，其中有奥迪、保时捷、奔驰、宝马、富豪、绅宝、戴姆勒克莱斯勒、飞雅特、兰吉雅、现代、萨博、沃尔沃、雪铁龙、标致等，以

及 60 多家汽车组件供应商。MOST 联盟成员之一丰田汽车公司牵头的工作组制定了 MOST 电气物理层规范。



图 4-5　MOST 技术在宝马车上的首次应用



图 4-6　MOST 技术的推广应用

从 MOST 分布规模看，欧洲车种采用最多，达 58%。奔驰 E 系列和 S 系列、宝马 7 系列、保时捷 Cayenne、萨博 9－3、奥迪 A8、沃尔沃 XC－90 是最先布置 MOST 技术的车型。奥迪 A6、Q7，宝马 E65 等是 MOST 应用的典型车型。

随着 MOST 架构的稳健可靠特性在汽车领域渐受瞩目，MOST 技术于 2007 年在亚洲市场获采用。**2010 年，MOST 技术已被全球 100 种车型采用**。这是自 2001 年在欧洲推出首款 MOST 车型以来 9 年内取得的重大成就，全球已有近 12% 的汽车采用了 MOST 技术，这一数

字几乎占了全球轻型汽车产量的一半。从这一角度来看，CAN 花了差不多 20 年才被全球大多数汽车制造商所采用，而 MOST 技术只用了 9 年时间就已达到广泛采用的规模。

目前，MOST 技术有代表性的支持业者有：汽车制造商方面的支持业者主要有德国的 BMW（宝马）、美国的戴姆勒克莱斯勒（DaimlerChrysler）、美国的福特（Ford）、美国的通用汽车（GM）等；一线的车用电子供货商方面主要有德国的 Bosch（博世）、美国的 Delco（GM 通用汽车旗下的所属部门）、日本的 Denso（TOYOTA 丰田汽车旗下的所属部门）、德国的 Infineon（英飞凌）等；车用影音设备的制造商方面包括英国苏格兰的 LinnProducts（精密音响设计公司）、美国的 Motorola 摩托罗拉、荷兰的 Philips 飞利浦、日本的 Sony 新力索尼等业者都表态支持 MOST 技术。

第一个 MOST 方案 MOST25 是首个用于车内信息娱乐应用的光纤宽带网络，它为汽车设计人员提供了一种革命性的方法，首次实现数据和娱乐信息能高速和可靠的无缝连接。随着更大量数据（从音频到视频、远程信息处理和基于导航的应用）需求的增长，MOST 网络技术也计划扩大。**2006 年推出的 MOST50 是第二代 MOST，它采用无屏蔽双绞线/铜线架构，速度可达 25Mbit/s，并为网络实现提供插件式方案。最新一代 MOST150，通过支持大量视频应用的同步传输机制和可高效传送基于 IP 分组数据的嵌入式以太网通道，可提供速度高达 150Mbit/bit/s 的高性价比的内容传输方案，预计数据速率将达到 150M/bit/s 甚至更高。**这些更新最终将不仅把可用的应用带宽增加一个数量级，还期望支持铜和光学物理两种介质。

4-97　MOST 总线的主要特点有哪些?

MOST 总线的光纤传输技术是一种无源光学技术。所谓无源光学技术，是指系统的光信号在光纤中进行传输时，不能中继放大或中继产生能量。

MOST 总线的主要特点有：

1）质量小、占用的空间小。MOST 总统系统采用聚甲基丙烯酸甲酯（俗称“有机玻璃”）制造的塑料光纤作为传输媒介。这相比于采用银芯电缆的其他总线来说，在提供相同传输频宽时，能减轻质量约 4.5kg，节省长度约为 250m 的线束。这对减少汽车油耗以及整车设备的布置有一定的意义。

2）抗电磁干扰能力强。MOST 总线采用光纤为媒介在传输信号时，是以光信号进行的，不会出现线间串扰与电磁辐射的情况，故系统工作的稳定性与可靠性能够得到保障。

3）传输速率高。MOST 总线采用光纤在传输数据时，其传输速率可达约 25Mbit/s，明显高于其他总线的传输速率（如 CAN 总线的传输速率仅为 500kbit/s），从而保证了系统优良的工作品质。

4）支持随插即用机制。MOST 网络运行时可直接加插装置或移除装置，增加扩充、维修及使用等各方面的便利性。

5）环形拓扑结构。MOST 总线大多基于环形拓扑结构，从而允许共享多个发送和接收器的数据。此外，MOST 也允许改成星形（又称放射形）或双环形的连接组态。MOST 总线主控器（通常位于汽车音响主机处）有助于数据采集，所以该网络可支持多个主拓扑结构，在一个网络中最多高达 64 个主设备。

6）节约成本。值得一提的是，MOST 在节约成本上的努力不仅是在线路材质上，使用塑料光纤的节约法只是其一，传输方面也因为采用同步方式而有助于节约成本。

7）由于 MOST 总统采用的是无源光学技术，故也存在着信号自然衰减的缺点。

4-98　MOST 总线控制单元部件的结构是怎样的？

汽车上的 MOST 总线一般采用环形的网络结构（见图 4-7），根据汽车配置的不同，控制单元数量也不同。

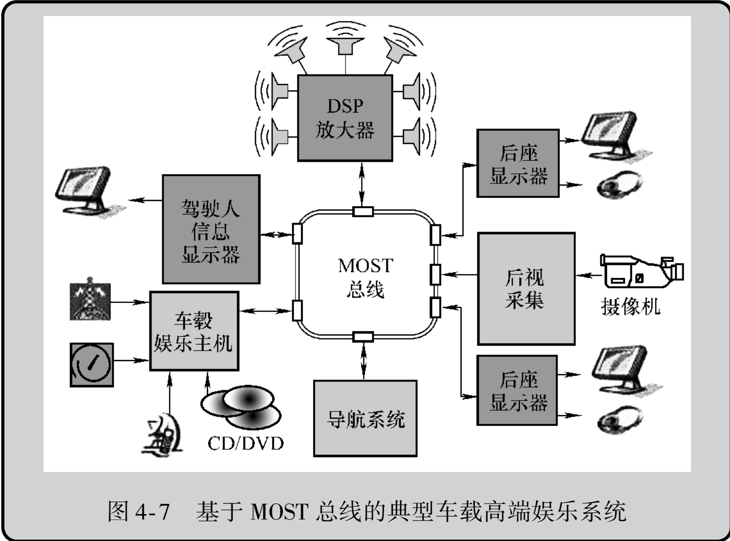


图 4-7　基于 MOST 总线的典型车载高端娱乐系统

MOST 总线控制单元部件的结构如图 4-8 所示，它由光导插头、内部供电装置、电气插头、专用部件、标准微控制器、MOST－收发机、收发单元－光导发射器等组成。

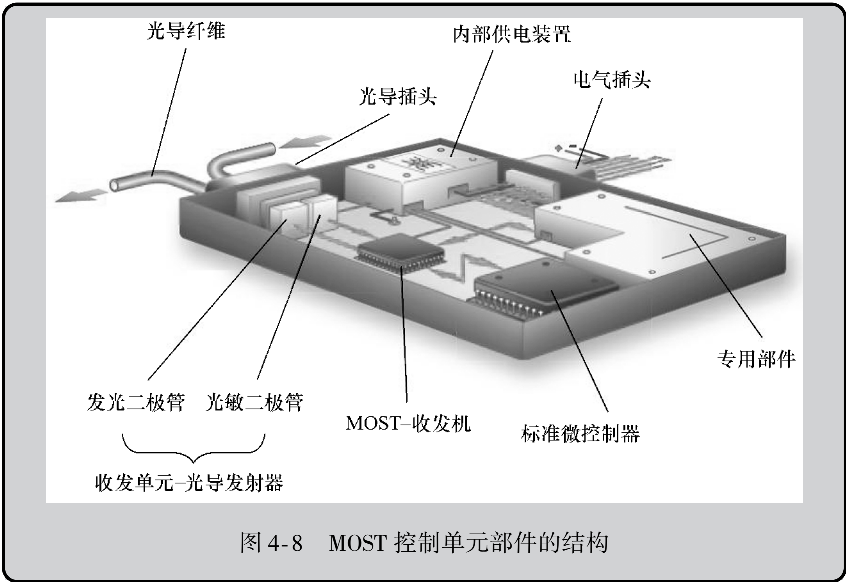


图 4-8　MOST 控制单元部件的结构

（1）光导插头　光信号通过该开关进入控制单元，或者将产生的光信号通过该开关传往下一个控制单元。

（2）电气插头　该插头用于供电、环断裂自诊断以及输入/输出信号。

（3）内部供电装置　由电气插头送入的供电再由内部供电装置分送到各个部件。这样就可单独关闭控制单元内某一部件，从而降低了静态电流。

（4）收发单元－光导发射器　该装置由一个光敏二极管和一个发光二极管构成。到达的光信号由光敏二极管转换成电压信号后传至 MOST－收发机。发光二极管的作用是把 MOST－收发机的电压信号再转换成光信号。产生的光波波长为 650nm，是可见红光。数据经光波调制后传送，调制后的光经由光导纤维传到下一个控制单元。

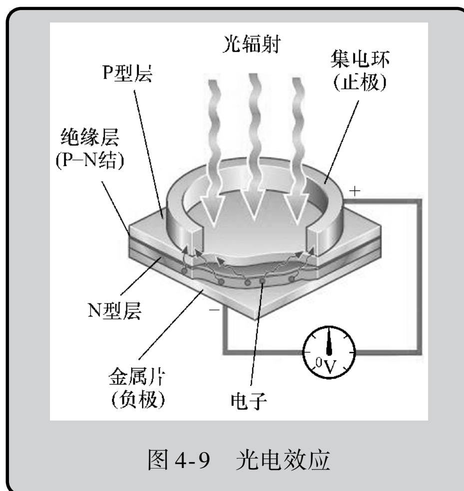


图 4-9　光电效应

光敏二极管的作用是将光波转换成电压信号。光敏二极管内有一个 PN 结，光可以照射到这个 PN 结上。在 P 型层上有一个触点（正极），N 型层与金属底板（负极）接触。如果光或红外线辐射照到 PN 结上，就会产生自由电子和空穴，从而形成一个穿越 PN 结的电流。也就是说：作用到光敏二极管上的光越强，流过光敏二极管的电流就越大。这个过程称为光电效应（见图 4-9）。

在反方向上，光敏二极管与一个电阻器串联。由较多光线穿透光敏二极管而引起的电流增大，会导致电阻器上电压降的增加，如图 4-10 所示，光信号由此被转变为电压信号。

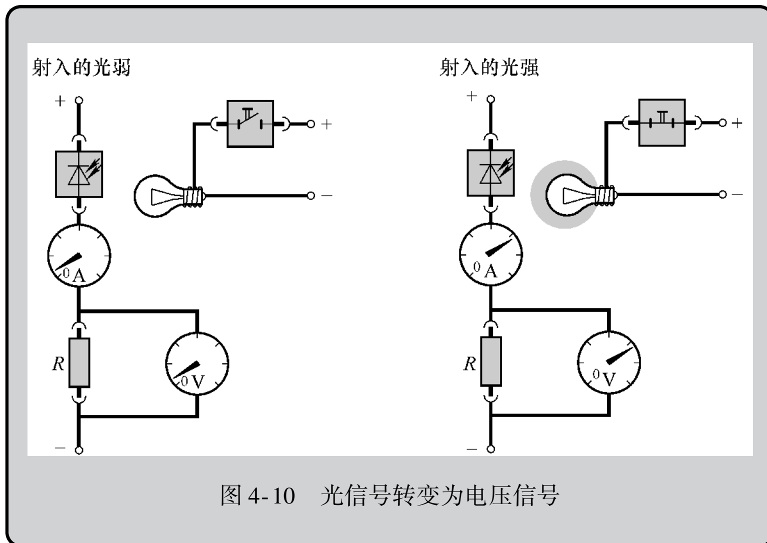


图 4-10　光信号转变为电压信号

（5）MOST－收发机　MOST－收发机由发射机和接收机两个部件组成。发射机将要发送的信息作为电压信号传至光导发射器。接收机接收来自光导发射器的电压信号并将所需的数据传至控制单元内的标准微控制器（CPU）。其他控制单元不需要的信息由收发机来传送，

而不是将数据传到 CPU 上，这些信息被原封不动地发至下一个控制单元。

（6）标准微控制器（CPU）　标准微控制器（CPU）是控制单元的核心器件，它的内部有一个微处理器，用于操纵控制单元的所有基本功能。

（7）专用部件　这些部件用于控制某些专用功能及设备，如 CD 播放机和收音机调谐器。

4-99　MOST 总线的传输媒介是什么?

MOST 总线的传输媒介是光导纤维，光导纤维的任务是将某一控制单元发射器内产生的光波传送到另一个控制单元的接收器。

（1）光导纤维的特点

1）光波在光导纤维中传送时的衰减很小。

2）光波是直线传播的，且不可弯曲，但光波能通过弯曲的光导纤维来传送。

3）光导纤维是柔性的，光导纤维在安装和振动中不能被损坏。

4）在 −40 ~ 85℃的温度范围内，光导纤维能保证功能，适应车内的各种温度变化。

（2）光导纤维的结构

最常用的光导纤维有塑料光缆和玻璃光缆。与玻璃光缆相比，塑料光缆具有下列优势：纤维横截面面积更大，简化了技术制造过程；对灰尘相对不敏感；更易于使用，因为塑料不会像玻璃那样破碎；更易于处理，能够剪切、打磨或熔化；成本低廉。因此，汽车上一般采用塑料光缆。

如图 4-11 所示，光导纤维是一根较细的圆柱形塑料纤维，外面包裹着一层较薄的护皮。真正的光缆包裹在护皮材料内，护皮材料仅起到保护光缆本身的作用。

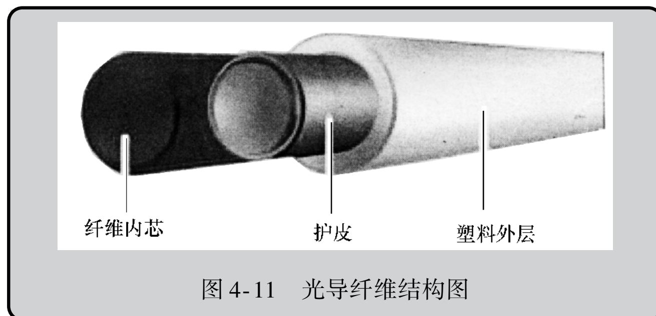


图 4-11　光导纤维结构图

（3）光导纤维中光波的传送

如图 4-12 所示，由控制单元产生的电信号在一个发送组件内转化为光信号后射入光导纤维内。纤维内芯用于传导光波。纤维内芯外裹着一层护皮，以免光线溢出芯外。护皮可反射光线，从而使光线继续在芯内传送。光线以此方式经过光导纤维，通过一个接收组件光线再次转化为电信号。

如图 4-13 所示，塑料光缆的弯曲半径不得小于 50mm，50mm 大约相等于一个饮料瓶的直径。弯曲半径更小时会影响光缆的性能，甚至造成塑料光缆完全损坏。光线会从过度弯曲部位射出，因为此处无法正确反射光线。

如图4-14所示，纽结光缆会损坏纤维内芯和护皮，部分光线会在纽结部位发生散射，从而造成传输损失，即使仅仅短促纽结过一次，也会损坏光缆；挤压光缆可能会造成光导横截面永久变形，传输时就会丢失光线，所系电缆扎带过紧也可能会造成这种挤压；光缆上的摩擦部位会造成光线损失或使外部光线射入，系统就会受到干扰或完全失灵；光缆过度伸长会使芯线拉长并减小纤维内芯横截面面积，从而减少通过的光量，拉伸光缆时同样可能造成光缆损坏。

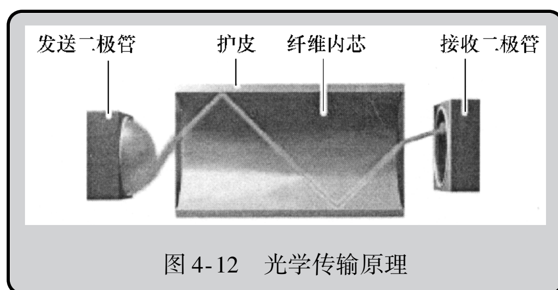


图4-12　光学传输原理



图4-13　过于弯曲的光导纤维

为了能使传输过程中的损失尽量小，光导纤维的端面应光滑、垂直、洁净，只有使用专用的切割工具才能达到上述要求。如图4-15所示，切割面上的污垢会妨碍光线射入和射出，并吸收光线，造成衰减程度过大。端面有划痕时会使到达该处的光线形成散射，从而减少到达接收装置的光线。

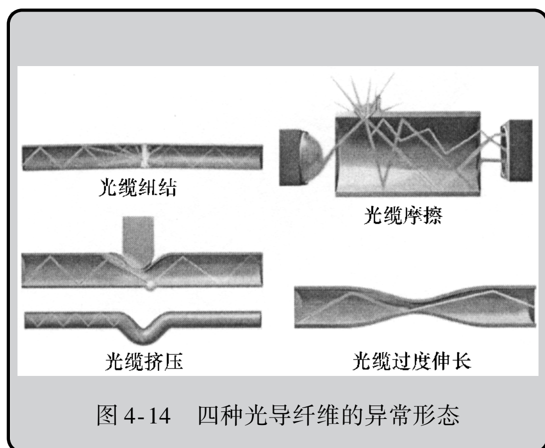


图4-14　四种光导纤维的异常形态

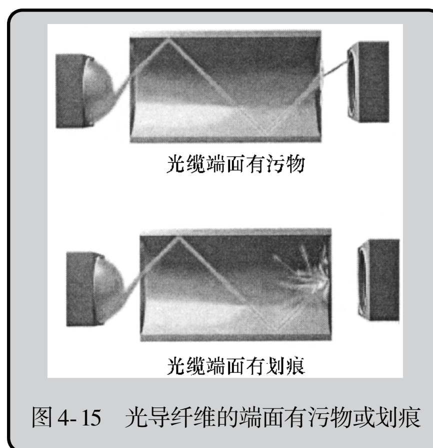


图4-15　光导纤维的端面有污物或划痕

(4) 光导纤维专用插头

为了能将光导纤维连接到控制单元上，使用了一种专用插头。如图4-16所示，插塞连接上有一个信号方向箭头，它表示输入方向（通向接收器）。插头壳体就是与控制单元的连接处。光通过纤芯的端面传送到控制单元的发射器/接收器。在生产光导纤维时，为了将光导纤维固定在插头壳体内，使用了激光焊接的塑料端套或黄铜端套。

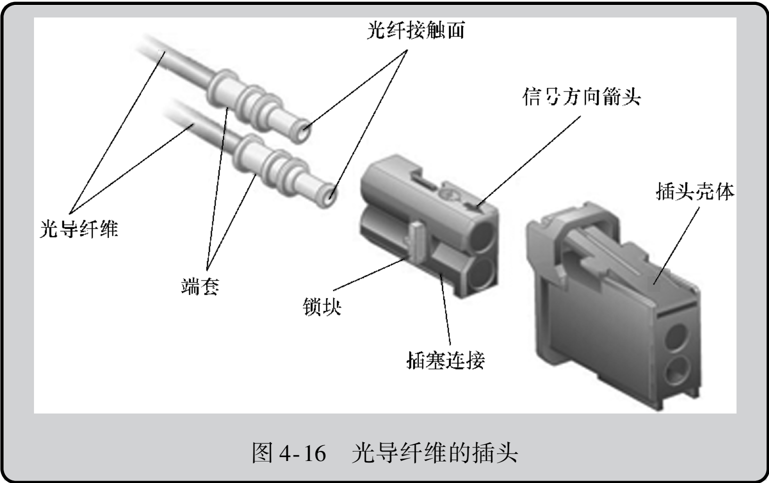


图 4-16　光导纤维的插头

4-100　什么是光导纤维的衰减度?

光导纤维状态的评定包括测量它的衰减度。**传送过程中发生的光波的功率下降被称为衰减，衰减率（*A*）的单位为分贝（dB）。**分贝并不是一个绝对数量．而是代表两个数值之比。这也就解释了为什么不能用特定的物理量来定义分贝。例如：分贝也被用作声压或音量的单位。在进行衰减测量时，这个数值是根据传送功率与接收功率之比的对数计算出来的：

衰减率（*A*）=10lg（发射功率/接收功率）

由此可知：衰耗常数越大，信号传送的效果就越差。如果有几个部件一同传送光信号，那么与串联的电气部件中的电阻相似，各个部件的衰耗常数应加起来成为一个总的衰耗常数。

如图 4-17 所示，光纤数据总线信号衰减增大的原因有：



图 4-17　光纤数据总线信号衰减增大的原因

1）光导纤维的曲率半径过小。如果光导纤维弯曲（折叠）的半径小于 5mm，那么在纤芯的拐点处就会产生模糊（不透明，与折叠的有机玻璃相似），这时必须更换光导纤维。

2）光导纤维的包层损坏。

3）端面刮伤。

4）端面脏污。

5）端面错位（插头壳体碎裂）。

6）端面未对正（角度不对）。

7）光导纤维的端面与控制单元的接触面之间有空隙（插头壳体碎裂或未定位）。

8）端套变形。

在铺设光导纤维时，安装了防弯折装置（波形管），用以保证最小 25mm 的曲率半径（见图 4-18）。



图 4-18　防弯折装置（波形管）

4-101　如何对光导纤维进行维修?

MOST 系统中的光导纤维在两个控制单元之间只允许进行一次维修。光导纤维的维修需要使用专用工具，如大众奥迪的 VAS6223 组合套件，又称光导纤维维修包（见图 4-19）。

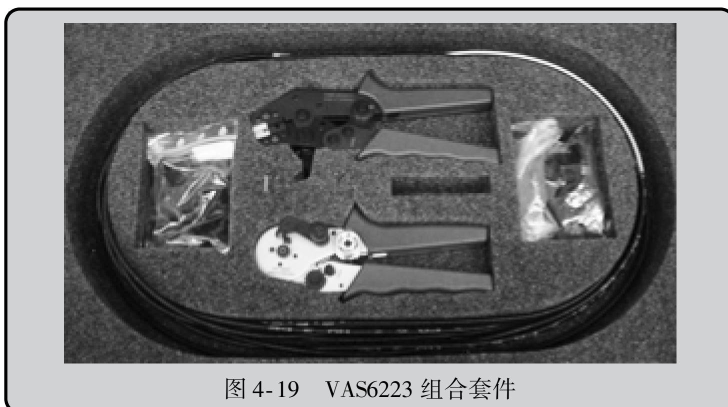


图 4-19　VAS6223 组合套件

VAS6223 组合套件中有两个专门用于光导纤维维修的钳子，剪切钳用于光导纤维的剪切，压接钳用于光导纤维铜质接头的压接（见图 4-20）。

光导纤维维修实际操作如下：

1）如图 4-21 所示，视长度需要，使用剪切钳将光导纤维粗略地剪开。注意，要使用侧剪功能，且动作要慢、稳，以免折断纤芯。

2）如图 4-22 所示，将光导纤维嵌入剪切钳的保护层导槽中剪切保护层（橘红色包层）。注意，此时的光导纤维绝对不允许弯曲或夹紧。

3）如图 4-23 所示，将光导纤维嵌入剪切钳中，并将钳口闭合。注意，要使保护层导槽与箭头方向（即光导纤维方向）对正。

4）如图 4-24 所示，用剪切钳的剪刀轮对光导纤维实施精剪切，以确保剪切后的光导纤维截面平滑、无损伤。注意，不要剪得太快，以免造成损伤。精剪切后的光导纤维截面应平滑、无损伤，如图 4-25 所示。

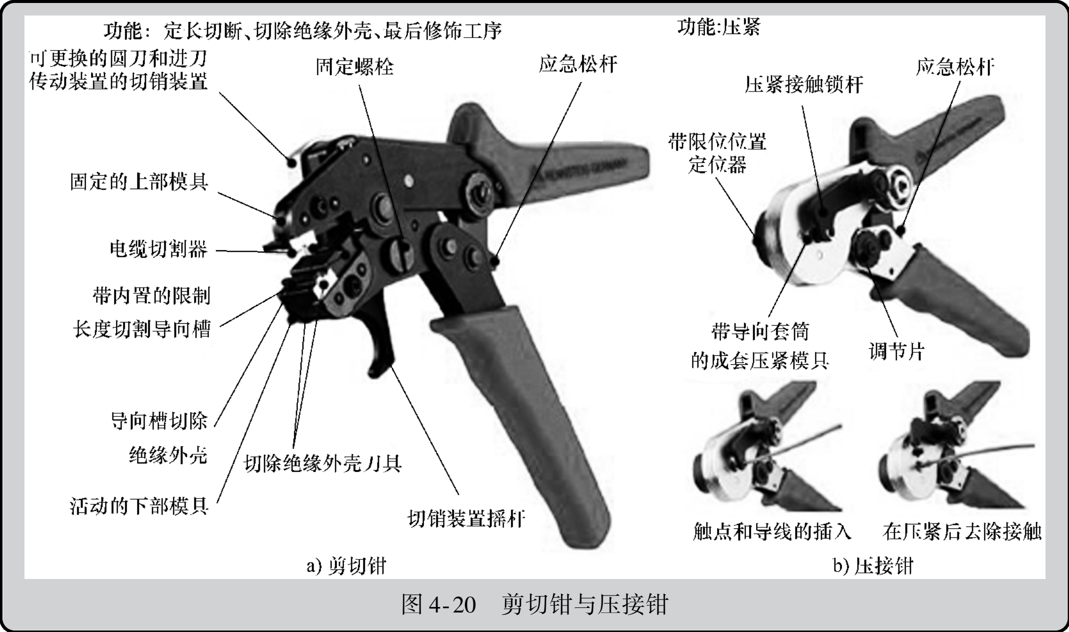


图 4-20　剪切钳与压接钳



图 4-21　剪开光导纤维

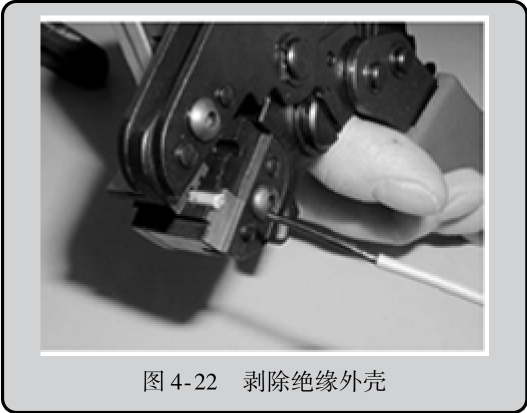


图 4-22　剥除绝缘外壳



图 4-23　将光导纤维嵌入剪切钳中并将钳口闭合



图 4-24　对光导纤维实施精剪切

5）如图4-26所示，将光导纤维铜质接头嵌入压接钳中。此处，需注意铜质接头不要歪斜。

6）如图4-27所示，用压接钳的锁定杆将铜质接头锁住。

7）如图4-28所示，将已经去除保护层的光导纤维插入铜质接头的内孔，直至可以感觉到轻微的阻力。



图4-25　精剪切后的光导纤维



图4-26　将光导纤维铜质接头嵌入压接钳中

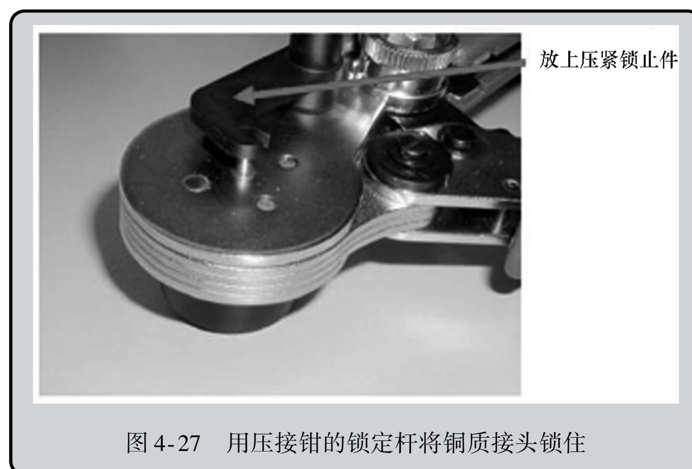


图4-27　用压接钳的锁定杆将铜质接头锁住

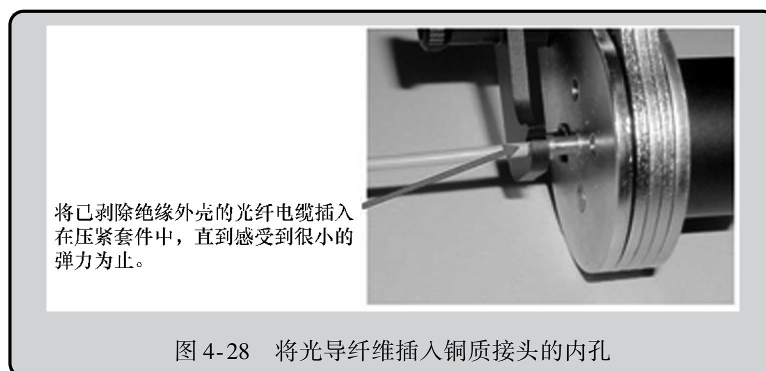


图4-28　将光导纤维插入铜质接头的内孔

8）如图 4-29 所示，确认光导纤维与铜质接头接触良好、对正后，施力进行压接。

9）检查光导纤维与铜质接头的接合情况。要求纤芯端面与铜质接头端面之间的间隙值 X 为 0.01 ~0.1mm，将光导纤维与铜质接头拉开的力不小于 60N（确保接合可靠），光波信号在该接头处的衰减常数不得大于 0.3dB（见图 4-30）。



图 4-29　施力进行压接

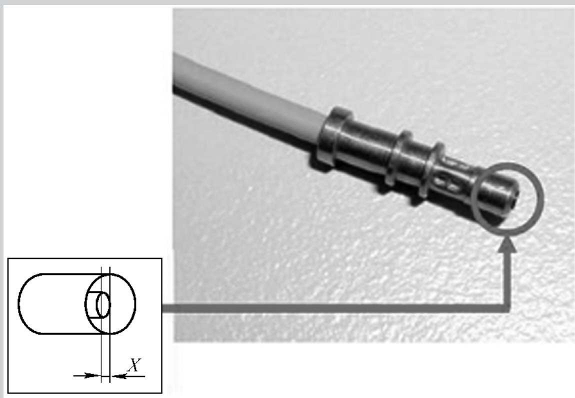


图 4-30　检查光导纤维与铜质接头的接合情况

不允许用下述方法维护光导纤维及其构件：

1）热处理之类的维修方法，如钎焊、热粘结及焊接。

2）化学及机械方法，如粘贴、平接对接。

3）两条光导纤维线绞合在一起，或者一根光导纤维与一根铜线绞合在一起。

4）包层上打孔、切割、压缩变形等，另外装入车内时不可有物体压到包层。

5）端面上不可脏污，如液体、灰尘、工作介质等，只有在插接和检测时才可小心地取下保护盖。

6）在车内铺设时不可打结，更换光导纤维时注意其正确的长度。

4-102 MOST 总线的基本工作原理是怎样的？

MOST 总线系统的一个重要特征就是它的环形结构。如图 4-31 所示，每个控制单元（或节点）在一个具有环形结构的网络中通过一个光导纤维电缆环相互连接。**每个控制单元通过光导纤维沿环形方向将数据发送到下一个控制单元，这段数据将由每个控制单元（节点）读取和转发。当一个控制单元要发送数据时，该控制单元改变发射就绪信息，并把它改成“占用”信息。被作为接收器定址的控制单元复制数据，并在回路中继续发送。如果数据重新到达发射器，发射器就把数据从环上删除并重新生成发射就绪信息，这样完成一个循环。**

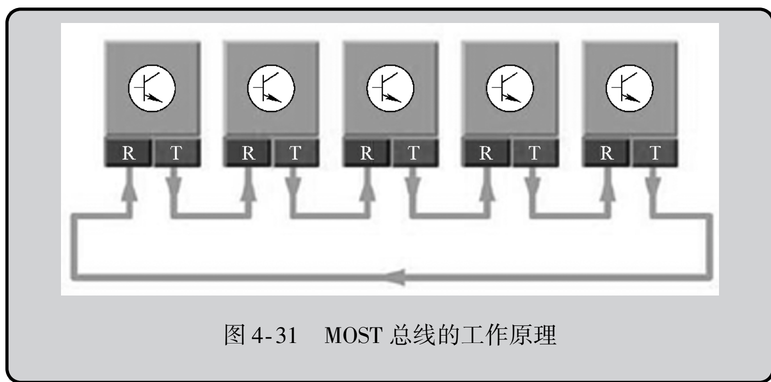


图 4-31　MOST 总线的工作原理

网关是 MOST 总线和其他网络之间的“闸门”，能实现 MOST 总线与其他总线系统之间的数据交换。有些网关还起到诊断管理器的作用，诊断管理器监测 MOST 总线上的通信，管理 MOST 总线上的诊断故障码（DTC）。

MOST 总线上的大多数启动均由系统管理器起始。如果 MOST 总线中的某个控制单元停止工作并且不能继续传递数据，或如果光纤电缆上有开路，整个 MOST 总线将停止工作。这样，所有在 MOST 总线上的控制单元也将停止工作。在 MOST 总线启动时，系统管理器检查确定 MOST 总线上的所有控制单元都具有经认可的序号。如果系统管理器探测到一个或多个控制单元没有经认可的序号，这些单元就会被设为“停用模式”。这就意味着这些控制单元功能将不能在 MOST 总线中使用，控制单元只起到光脉冲导体的作用。

4-103 MOST 总线的数据帧结构是怎样的？

MOST 协议确定了应如何解读光脉冲或光脉冲的缺失。每一个脉冲或缺失脉冲都称为一个“位元”。MOST 总线上传送的“位元”数量是大约 25Mbit/s。一个位元可以是：二元 0，即没有光波；二元 1，即有光波。光波在数据帧内传送。数据帧包括不同类型的数据。数据帧的大小是 64 位元组，即是 64 × 8 = 512 位元。数据帧的频率是 48kHz，这就是说在 MOST 总线上每秒发送 48000 个数据帧。

系统管理器以一个固定的脉冲频率向 MOST 环状总线上的下一个控制单元发送信息帧（Frames）。一个信息帧的大小为 64B，结构如图 4-32 所示。

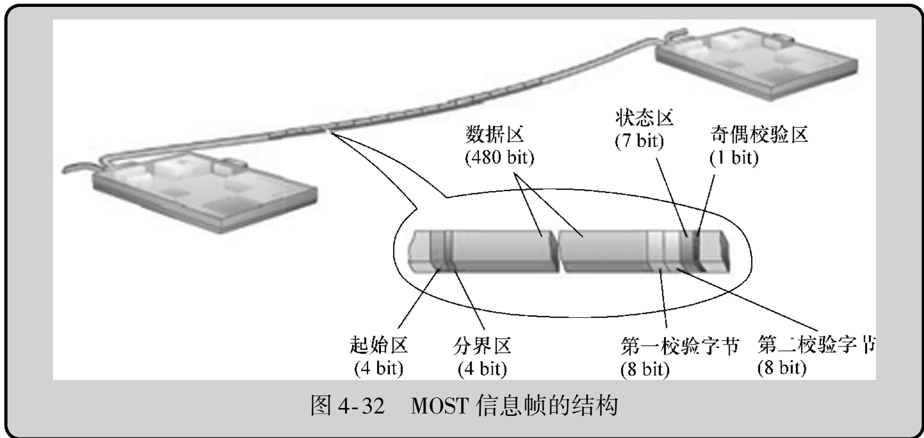


图 4-32　MOST 信息帧的结构

（1）起始区　如图 **4-33** 所示，表示一个信息帧的开始，每段信息帧都有自己的起始区。



图 4-33　起始区

（2）分界区　如图 **4-34** 所示，用于区分起始区和紧跟着的数据区。

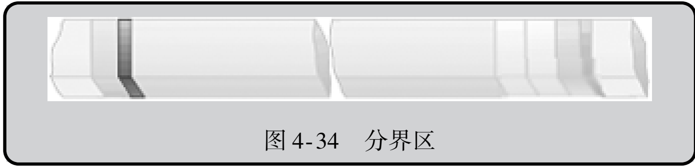


图 4-34　分界区

（3）数据区　如图 **4-35** 所示，**MOST** 总线在数据区最多可将 **60B** 的有效数据发送到控制单元。数据分为两种类型：同步数据，如声音和视频等；异步数据，如图片、用于计算的信息及文字等。

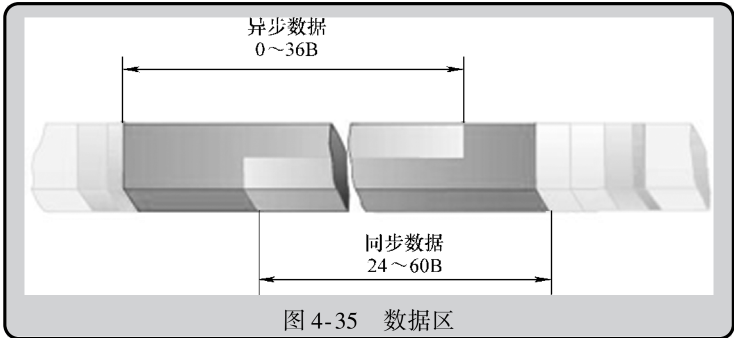


图 4-35　数据区

数据区的分配是可变的，数据区的同步数据在 24～60B 之间，同步数据的传递具有优先权。异步数据根据发送器/接收器的地址（标志符）和可用异步总容量，以 4B 为一个数据包被记录并发送到接收器上。

(4) 校验字节　如图4-36所示，两个校验字节传递以下信息：

1) 发射器/接收器地址（标志符）。

2) 接收器的控制指令（如放大器声大/声小）。

一个信息组中的校验字节在控制单元内汇成一个校验信息帧。一个信息组中有16个信息帧。校验信息帧内包含有控制和诊断数据，这些数据由发送器传送到接收器，称为根据地址进行的数据传递。

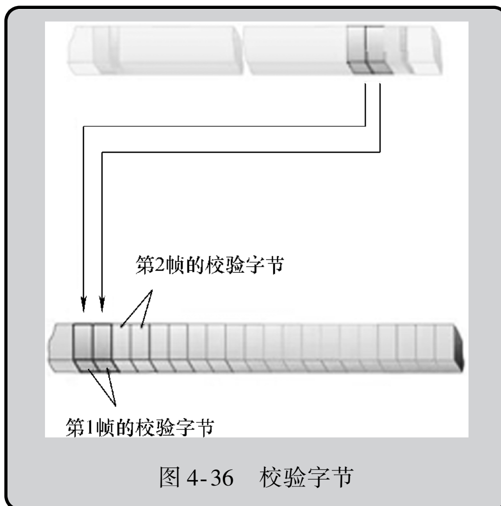


图4-36　校验字节

(5) 状态区　如图4-37所示，信息帧的状态区包含用于给接收器发送信息帧的信息。

(6) 奇偶校验区　如图4-38所示，奇偶校验区用于最后检查数据的完整性，该区的内容将决定是否需要重复一次发送过程。


图4-37　状态区


图4-38　奇偶校验区

4-104　MOST总线有哪几种工作状态？

图4-39为MOST总线的三种工作状态，具体如下：

(1) 休眠模式　此时MOST总线上没有数据交换，系统处于待命状态，只能由系统管理器发出的光启动脉冲来激活，此时静态电流被降至最小值。

休眠模式的激活条件有：

1) MOST总线系统上的所有控制单元都已准备好要切换到休眠状态。

2) 其他总线系统没有通过网关提出任何要求。

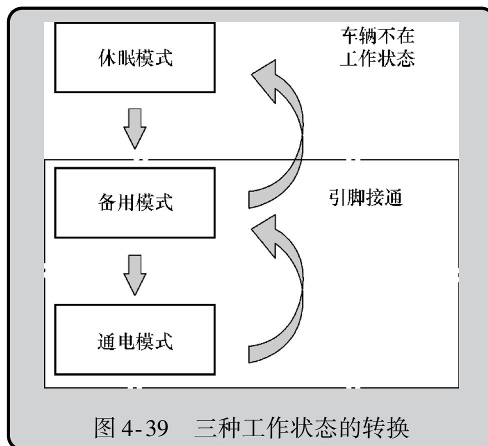


图4-39　三种工作状态的转换

3）自诊断未激活。

在上述的条件下，MOST 总线可通过下述方法切换到休眠状态：

1）在启动蓄电池放电时，由蓄电池管理器经网关切换到休眠状态。

2）通过自诊断仪器激活“传输模式”。

（2）备用模式　如图 4-40 所示，系统无法提供任何功能，类似于系统关闭。此时 MOST 总线系统在后台运行，但所有的输出装置（如显示屏等）都不工作或不发声。这种模式在起动及系统持续运行时被激活。

备用模式的激活条件有：

1）由其他数据总线通过网关激活。

2）由 MOST 总线上的某个控制单元来激活。



图 4-40　备用模式

（3）通电模式　如图 4-41 所示，控制单元完全接通，MOST 总线上有数据传输，可使用系统所有功能。

进入通电模式的条件有：

1）MOST 总线处于备用状态。

2）其他数据总线通过网关激活。

3）通过用户的功能选择来激活。



图 4-41　通电模式

4-105 MOST 总线的数据传输是如何实现的?

(1) 系统启动（唤醒） 如果 MOST 总线处于休眠模式，那么首先须通过唤醒过程将系统切换到备用模式。如图 4-42 所示，某一控制单元（系统管理器除外）唤醒了 MOST 总线，那么该控制单元就会向下一个控制单元发射一种专门调制的光（称为伺服光）。环状总线上的下一个控制单元通过在休眠模式下工作的光敏二极管来接收这个伺服光并将此光继续下传。该过程一直进行到系统管理器为止，系统管理器根据传来的伺服光来识别是否有系统起动的请求。然后系统管理器向下一个控制单元发送一种专门调制的光（称为主光）。这个主光由所有的控制单元继续传递，光导发射器接收到主光后，系统管理器就可识别出环形总线现在已经封闭了，可以开始发送信息帧了（见图 4-43）。

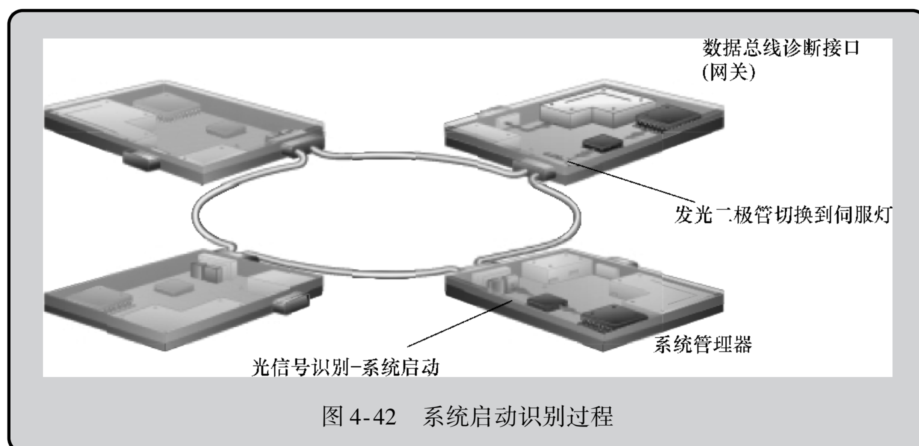


图 4-42 系统启动识别过程

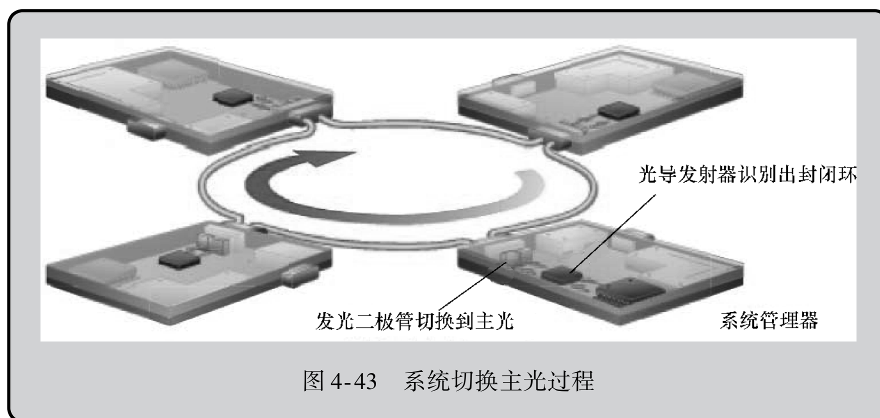


图 4-43 系统切换主光过程

如图 4-44 所示，首批信息帧要求 MOST 总线上的控制单元提供标志符。系统管理器根据标志符向环形总线上的所有控制单元发送实时顺序（实际配置），于是就可以进行根据地址的数据传递了。诊断管理器将报告上来的控制单元（实际配置）与一个所安装的控制单元存储表（规定配置）进行对比。如果实际配置与规定配置不相符，诊断管理器就会存储相应的故障。这时唤醒过程就结束了，可以开始数据传递了。

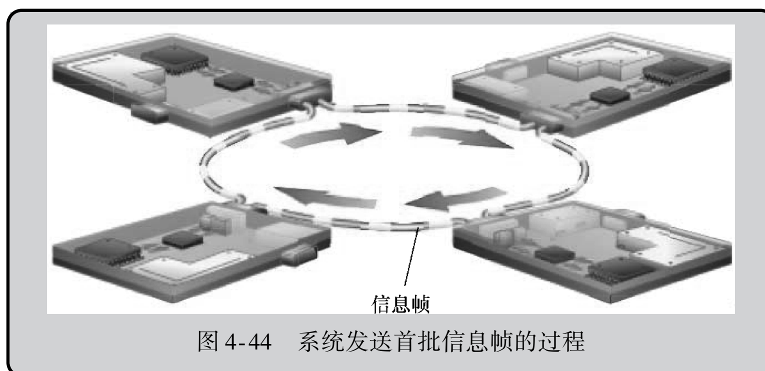


图 4-44　系统发送首批信息帧的过程

(2) 同步数据的传输　音频和视频可作为同步数据进行传输，如图 4-45 所示，以车上播放音乐 CD 为例。用户通过控制面板来选择 CD 上的曲目。控制面板通过一根数据线将控制信号传给系统管理器，然后系统管理器在不断发送的信息帧内加入一个带有以下校验数据的信息组（16 帧）：

1）发射器地址：系统管理器，环形位置 1。

2）接收器地址：CD 机，环形位置 2。

3）控制指令：播放第 10 个曲目，分配传送通道。



图 4-45　同步数据的传输

CD 机确定数据区中有哪些字节可以用于传送它的数据，然后加入带有以下校验数据的信息组：

1）发射器地址：CD 机，环形位置 2。

2）接收器地址：系统管理器，环形位置 1。

3）控制指令：CD 的数据传送到通道 01、02、03、04（立体声）。

系统管理器用带有以下校验数据的信息组向功率放大器发出播放音乐的指示：

1）发射器地址：系统管理器，环状位置 1。

2）接收器地址：功率放大器，环形位置 3。

3）控制指令：读出通道 01、02、03、04 并通过扬声器播出；设定当前的音响效果，如音量、前后音量平衡、左右音量平衡、低音、高音、中音等；关闭静音切换。

CD上的数据先被保存在数据区，直至信息帧经光导纤维数据线又到达CD机（数据源）为止。这时这些数据就被新的数据取代，该循环又重新开始。

这样可使得MOST总线上的所有输出装置都可使用同步数据。系统管理器通过发送相应的校验数据来确定哪个装置使用数据。

音频和视频的传递需使用每个数据区的数个字节。数据源会根据信号类型预定一些字节，这些已被预定的字节就称为通道。一个通道包含一个字节的数据。通过这种预定通道的方式，多个数据源的同步数据就可以同时传递了（见图4-46）。

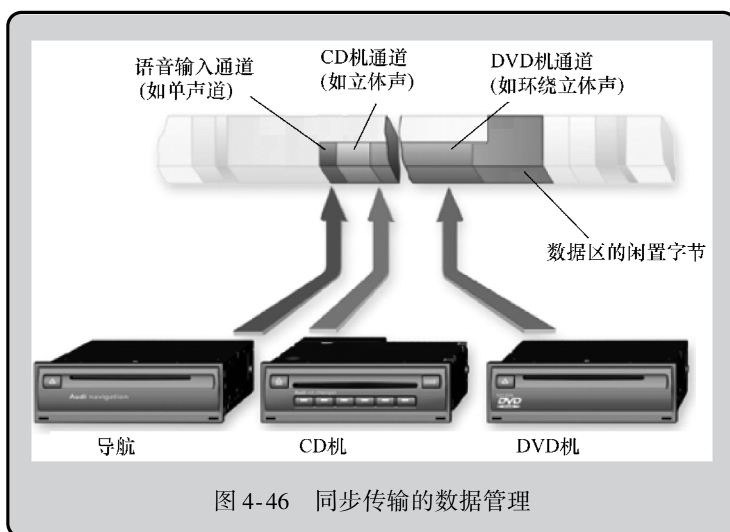


图4-46　同步传输的数据管理

(3) 异步数据的传输　如图4-47所示，导航系统的地图显示数据、导航计算数据、互

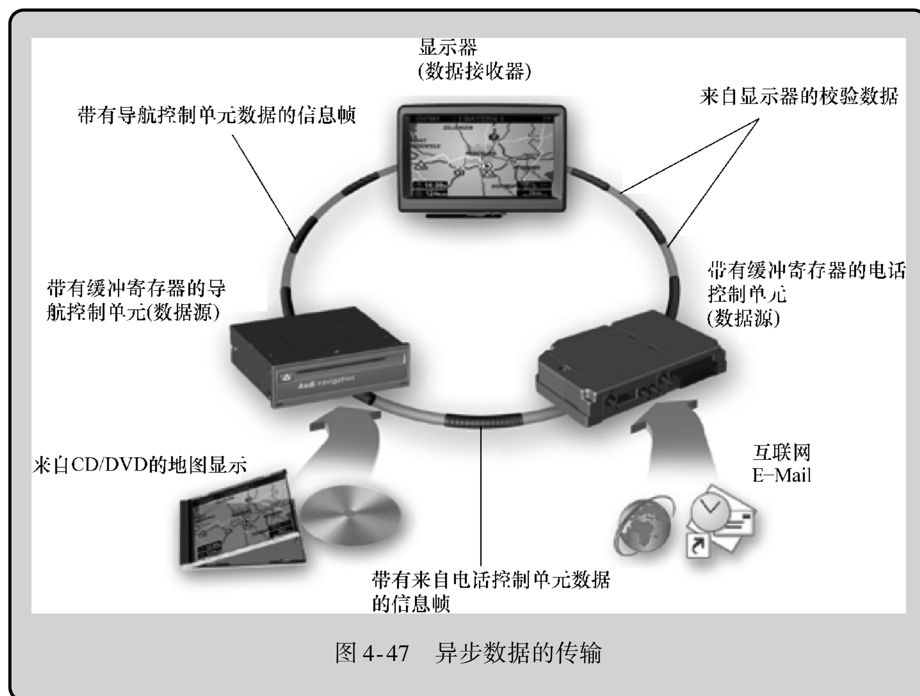


图4-47　异步数据的传输

联网数据、电子邮件（E－Mail）是按异步数据传递的。异步数据源是以不规则的时间间隔来发送这些数据的。为此每个数据源将其异步数据存储到缓冲寄存器内，然后数据源开始等待，直至接收到带有接收器地址的信息组。数据源将数据记录到该信息组数据区的空闲字节内，记录是以每四个字节为一个数据包的形式进行的。接收器读取数据区中的数据包并处理这些信息。异步数据停留在数据区，直至信息组又到达数据源。数据源从数据区提取数据，在合适的时候用新数据取代这些数据。

4-106　MOST 总线的故障类型有哪些？

MOST 总线的故障有两类：没有来自控制单元的通信和 MOST 网络上的通信故障。

（1）没有来自控制单元的通信　诊断管理器知道有哪些控制单元连接在 MOST 总线上。如果 MOST 总线中任何一台控制单元通信中断，诊断管理器中都会储存一个诊断故障码（DTC）。该故障对于 MOST 总线中的每一台控制单元都有一个诊断故障码（DTC）。通信缺失可能是由于控制单元的内部故障或是因为控制单元功能执行不正确。当诊断管理器中有内部故障从而阻碍收发单元－光导发射器在 MOST 总线上发送光脉冲时，诊断故障码（DTC）就会被储存。

（2）通信故障　对于使得不能在 MOST 总线上发送信息的故障，诊断故障码（DTC）会被储存。这一故障的原因可能是：

1）控制单元的光纤接头有问题。

2）控制单元有内部故障，导致收发单元－光导发射器停止工作。

3）MOST 总线上的一个控制单元没有电源供应，收发单元－光导发射器停止传送光信号。

4）光纤电缆受损或开路。

5）光纤与控制单元的连接松脱。

6）接头上的光纤端子交叉连接。

4-107　什么是 MOST 总线的断环诊断？

除系统管理器外，MOST 总线还有一个诊断管理器（见图 4-48）。**诊断管理器执行环路断开诊断，并将 MOST 总线上的控制单元诊断数据传给诊断控制单元。如果在 MOST 总线上发生数据传输中断，就无法完成正常的数据传输任务。由于 MOST 总线是环形结构，因此将这种数据传输中断称为环路断开，即总线断路。**

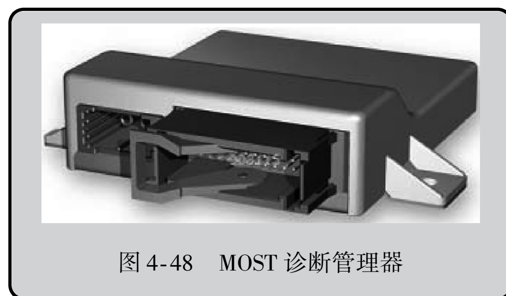


图 4-48　MOST 诊断管理器

发生环路断开的原因主要有：光导纤维断路；发射器或接收器控制单元的供电有故障；发射器或接收器控制单元损坏。

环路断开的影响主要有：音频和视频播放终止；通过多媒体操纵单元无法控制和调整；

诊断管理器的故障存储器中存有故障“光纤数据总线断路”。

如果MOST总线上出现环路断开，那么就无法进行数据传递了，为准确判断出发生环路断开的具体位置，需要使用诊断导线来进行环路断开诊断，即断环诊断。如图4-49所示，诊断导线通过中央导线连接器与MOST总线上的各个控制单元相连。

断环诊断开始后，诊断管理器通过诊断线向各控制单元发送一个脉冲。这个脉冲使得所有控制单元用光导发射器（FOT）内的发射单元发出光信号。在此过程中，所有控制单元检查：自身的供电及其内部的电控功能；从环形总线上的前一个控制单元接收光信号。

MOST总线上的控制单元在一定时间内会应答，这个时间的长短由控制单元软件来确定。断环诊断开始后到控制单元作出应答有一段时间间隔，诊断管理器根据这段时间的长短就可判断出哪一个控制单元已经作出了应答。

断环诊断开始后，MOST总线上的各个控制单元发送以下两种信息：

1）控制单元电气功能是否正常（如电源供电是否正常）。

2）控制单元光学方面是否正常，即本控制单元的光敏二极管是否能够接收到环形总线上位于其前面的控制单元发出的光波信号。

诊断管理器通过这些信息就可识别出：

1）MOST总线系统是否有电气故障（供电故障）以及是哪个控制单元出现了电气故障。

2）MOST总线系统中哪两个控制单元之间的数据传输中断了，即是哪两个控制单元之间的光导纤维发生了断路。

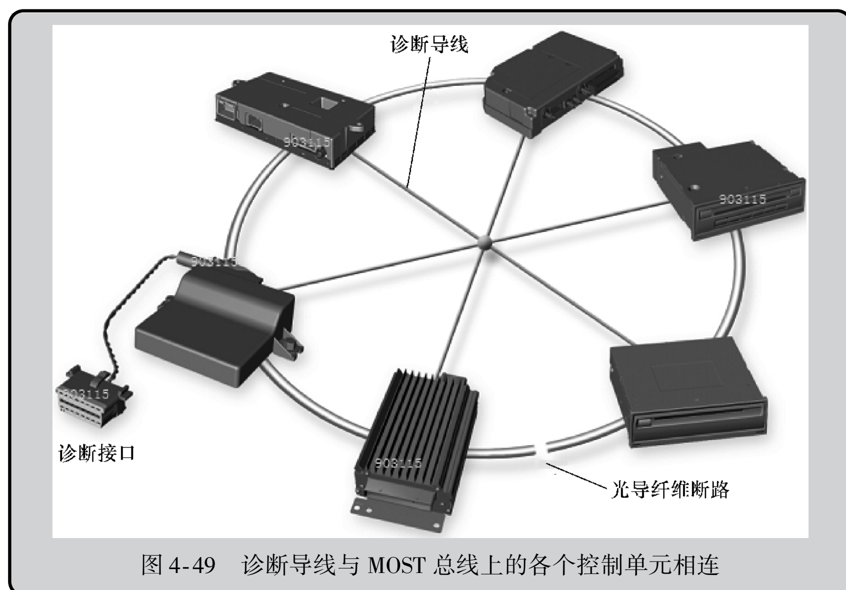


图4-49　诊断导线与MOST总线上的各个控制单元相连

如图4-50所示，可利用备用的控制单元来替换可疑控制单元，然后观察MOST系统是否恢复正常。若替换后，系统恢复正常，则可确认，故障确系可疑控制单元损坏所致。

断环诊断只能用于判定数据传递是否中断。诊断管理器的执行元件诊断还有一项功能，就是通过降低光功率来进行断环诊断，用于识别增大的信号衰减。通过降低光功率来进行断环诊断的过程与上述基本相同（见图4-51）。

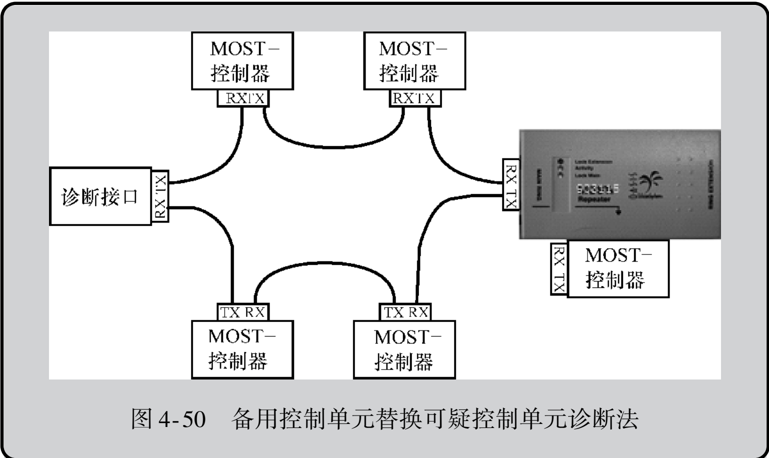


图4-50　备用控制单元替换可疑控制单元诊断法

但有一点是不同的，即控制单元接通光导发射器（FOT）内的发光二极管时有3dB的衰减，也就是说光功率降低了一半。如果光导纤维（LWL）信号衰减增大，那么到达接收器的光信号就会非常弱，接收器会报告“光学故障”。于是诊断管理器就可识别出故障点，并且在用检测仪查寻故障时会给出相应的帮助信息。

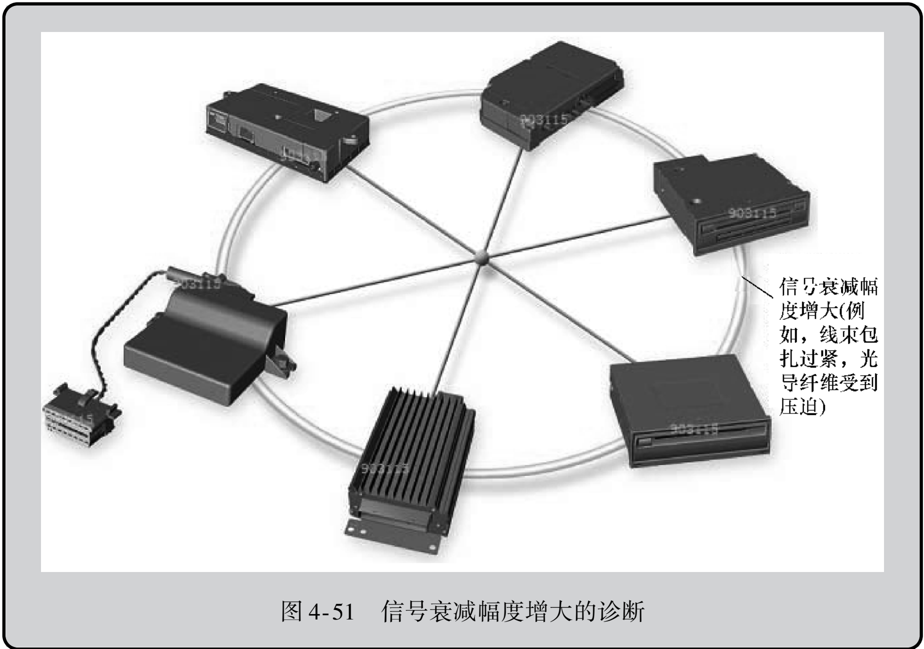


图4-51　信号衰减幅度增大的诊断

4-108　宝马新7系（F01/F02）的MOST总线有哪些特点？

宝马7系旗舰轿车于2008年1月正式进入中国市场，这是BMW将其顶级豪华系列命名为7系之后的第5代产品，采用了宝马最新的技术，将驾驶动态、驾乘舒适性和安全性提升到一个更高的标准。

宝马新7系（F01/F02）上的MOST总线用于信息/通信方面的组件。车辆信息计算机

作为主控控制单元使用。其他总线设备可能包括（见图4-52）：DVD换碟机、组合仪表、顶级高保真音响放大器、视频模块（仅限欧规车辆）、SDARS卫星调谐器（仅限美规车辆）、电话。

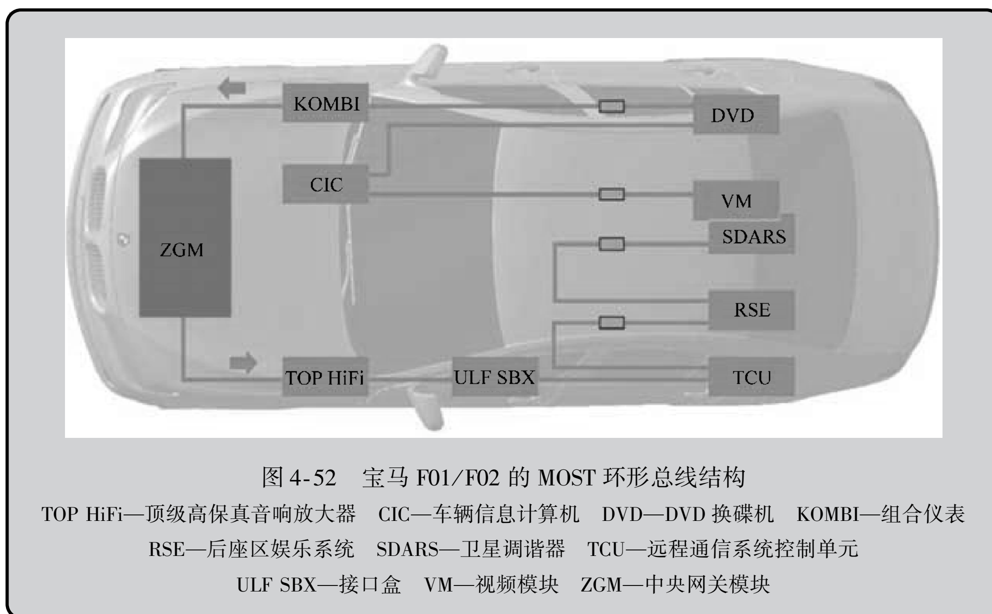


图4-52　宝马F01/F02的MOST环形总线结构

TOP HiFi—顶级高保真音响放大器　CIC—车辆信息计算机　DVD—DVD换碟机　KOMBI—组合仪表
RSE—后座区娱乐系统　SDARS—卫星调谐器　TCU—远程通信系统控制单元
ULF SBX—接口盒　VM—视频模块　ZGM—中央网关模块

宝马新7系（F01/F02）的每个MOST控制单元都可以将数据发送到MOST总线上。只有中央网关模块能够实现MOST总线与其他总线系统之间的数据交换。车辆信息计算机作为主控控制单元使用，中央网关模块则是与其余总线系统间的网关。

宝马新7系（F01/F02）不再使用以前车型所用的MOST编程接口，而是通过以太网接口（快速车辆编程接口）进行编程。数据在MOST总线内始终沿某一方向传送，每个控制单元都可以将数据发送到MOST总线上。物理上的光线方向从主控控制单元（车辆信息计算机）经DVD换碟机、组合仪表至中央网关模块，再从中央网关模块至光缆分配器。所有安装在车辆尾部的控制单元都连接在光缆分配器上。光线从最后一个控制单元处重新返回主控控制单元。

宝马新7系（F01/F02）的MOST总线的数据传输速率为22.5Mbit/s。为了满足数据传输应用方面的各种要求，每条MOST信息都分为三个部分：

1）控制数据：如调节光强度。

2）异步数据：如导航系统、矢量表示。

3）同步数据：如音频、TV和视频信号。

宝马新7系（F01/F02）的MOST总线中，同步数据、异步数据和控制数据在光缆媒介上以同步方式传输，整个环形总线内都可获得相关数据，即以无损方式读取数据（复制）并能够用于不同组件。

宝马新7系（F01/F02）的MOST总线的结构易于扩展组件，环形总线内各组件的安装位置取决于功能，无需为将来的系统预留位置（如双线圈喇叭），某组件失灵时，接收装置

和发送装置就会彼此连接在一起，从而保持环形总线的正常功能。只有为控制单元供电时，接收装置和发送装置才会断开，这两个单元与发送和接收系统一起执行所有功能。

与上一代车型完全一样，安装在 MOST 总线内的控制单元存储在主控控制单元内的一个注册文件内，生产车辆以及对控制单元编程后进行加装时存储相应数据。控制单元及其在 MOST 总线上的顺序存储在这个注册文件内。通过光缆连接器，可在宝马新 7 系（F01/F02）出厂时或维修后按照不同顺序将控制单元连接到后部区域处。宝马诊断系统可以通过该注册文件确定所安装的控制单元及其顺序。此外，该注册文件还存储在中央网关模块内，以便 MOST 网络出现故障时仍可访问控制单元注册记录。这样可通过诊断从中央网关模块中调出最后的正常状态。主控控制单元 CIC 连接在 K－CAN 上，但是不能执行网关控制单元的功能。如果无法通过 MOST 进行通信，就只能通过中央网关模块读取所需数据。

如图 4-53 所示，使用光缆连接器可以在行李箱区域内加装控制单元。宝马新 7 系（F01/F02）的光缆连接器安装在行李箱内左后侧饰板内。光缆连接器布置在 MOST 总线系统内，车辆前部区域（主控单元、DVD 换碟机）与后部区域（TEL、VM 等）之间。


图 4-53　行李箱内左后侧的光缆连接器

根据车辆配置情况，可能装有一个或两个光缆连接器。一个光缆连接器负责出厂时所装的控制单元。另一个光缆连接器连接选装配置的适配装置。装有选装配置适配装置时，光缆连接器内光缆端部始终连接在同一排，从而避免光缆端部损坏。要进行加装工作，就应按照相关说明重新连接光缆并将其集成在 MOST 总线内。进行编程时，需重新在主控控制单元内读入控制单元顺序。

4-109　如何对宝马新 7 系（F01/F02）的 MOST 网进行诊断？

宝马新 7 系（F01/F02）的 MOST 总线内的数据传输受到干扰时可能存在以下多种原因：发送控制单元供电故障；发送控制单元内部故障；发送控制单元发射器损坏；接收控制单元供电故障；接收控制单元内部故障；接收控制单元接收器损坏；发送和接收控制单元之间的光缆断裂。

通过断环诊断和光学检测可以查出 MOST 总线内是否以及何处存在中断情况。此时必须事先中断 MOST 总线内控制单元的供电。重新接通供电时，所有控制单元都会沿光线方向向距离最近的控制单元发送光线。输入端没有接收到光线的控制单元会在其故障存储器中存储节点位置 0。这表示节点位置为 0 的控制单元与其前面的控制单元之间存在环断裂。出现故障时也可以访问主控控制单元以进行检查。主控控制单元始终与 K－CAN 连接在一起，因此即使出现故障时也能做出反应。

内部控制单元温度超过某一特定值时（约80℃），控制单元会断路10min，从而保护内部组件。之后，控制单元会重新接通且正常工作。如果控制单元具有主控功能，则会断开整个MOST总线。控制单元具有附属功能时仅断开该控制单元。装有电话或顶级高保真音响放大器时，行李箱内可能会产生很高的温度。出现这种情况时，宝马诊断系统进行分析的故障存储器内就会进行相关记录。

(1) 电源性故障 宝马新7系（F01/F02）的MOST总线系统的核心部分是含有IC芯片的电控模块，其正常的工作电压在10.5～15V之间。若电源提供的工作电压偏离该值则各电控模块无法正常工作。

(2) 传输链路的故障 传输链路出现故障时，一般都将导致光信号的衰减，故分析宝马新7系（F01/F02）的MOST总线的故障时，关键是确定光衰减的原因。以下为一些容易导致光信号衰减的原因：

1）受热过度。宝马新7系（F01/F02）所采用的光纤，其设计的极限温度一般不超过85℃。故在进行烤漆或焊接等高温作业时，因漆房或焊炬的温度过高，极易使光纤受损，应格外小心。

2）过度拉伸、弯曲与擦伤。一些技术人员在检查光纤的连接情况时，经常拉扯光纤，这容易造成过度拉伸，使光纤的横断面变小，导致光衰减。另外，在铺设光纤时，应该十分小心，因为宝马新7系（F01/F02）的MOST的光纤允许的最大曲率半径仅为50mm，若超过此值，光信号的衰减将成倍增长，从而引发通信错误。若光纤被擦伤，导致封装层损坏，会造成光逃逸，同样会影响信号的正常传输。

3）脏物、油污的影响。许多维修工人在检修汽车时，双手经常沾满灰尘与油污，如果此时不小心碰触到裸露的光纤末端，那么，脏物或油污便会吸收光，从而造成光衰减。值得注意的是：光纤一旦损坏，一般只能维修一次，否则光衰减将成倍增加。

(3) 控制模块的故障 因为宝马新7系（F01/F02）的MOST总线采用环形网络结构，所以如系统中某个控制模块出现故障，将会造成整个系统的通信中断，即环形断裂。

(4) 系统的软件故障 当系统的传输协议或软件程序属于低版本或有缺陷，也会使系统出现混乱而无法正常工作。

4-110 路虎极光的MOST总线的结构是怎样的?

图4-54为路虎极光MOST总线的结构，由HLDF液晶显示屏、DAB/SDARS调谐器模块、后座娱乐系统模块、电视调谐器模块、功率放大器、集成音频模块和诊断插座组成环形网络，采用光纤连接，通过光脉冲传输数据。只能向一个方向传输数据。此网络的重要特征在于，它不仅能传输控制数据，还能传输传感器数据，该MOST总线的数据传输率可达24Mbit/s，可以进行同步和异步数据传输，同步传输速率可达21.16kbit/s，异步传输速率可达12Mbit/s，且各模块均可即插即用。

图4-55为MOST总线连接模块的插头，每个模块均有两条光缆连接，一条用于发送装置，一条用于接收装置。

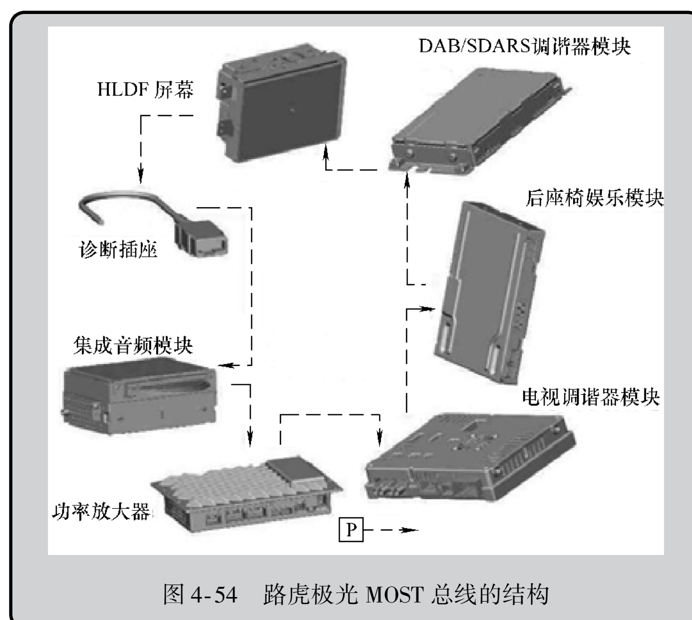


图 4-54　路虎极光 MOST 总线的结构



图 4-55　MOST 总线连接各模块的插头

4-111　路虎极光的 MOST 总线如何进行断环诊断?

路虎极光 MOST 总线的断环诊断（RBD）链路包含在前排乘客人车熔丝盒 CJB 中。拆下嵌入在 RBD 链环中的铜链环，可启动断环诊断模式。使用断环诊断模式，技术人员可以找到 MOST 环中光纤断裂处。图 4-56 为 MOST 光学诊断仪。

要启动断环诊断模式，请执行下列步骤：

1）连接路虎认可的诊断系统。

2）确保车辆处于动力模式 4 或更高的模式。

3）拆下 RBD 链环的时间长度由路虎许可的诊断系统指定。

4）更换 RBD 链环。

5）大约 30s 后，会有一个故障码 DTC 记录在集成控制模块内，以表明故障的位置。

6）可以使用路虎认可的诊断系统进行 DTC 读取和检查。



图 4-56　MOST 光学诊断仪

4-112　沃尔沃 MOST 总线的结构是怎样的?

图 4-57 为沃尔沃 MOST 总线的网络结构，由信息娱乐控制模块（ICM）、电话模块（PHM）、蓝牙电话模块（BPM）、音响模块（AUD）、多媒体模块（MMM）、超低音喇叭模块（SUB）、遥控数位音响接收器（RDAR）、整体式音响模块（IAM）及配件 USB 单元（AUU）9 个模块组成，根据车型不同模块有所增减。

所有控制模块都连接在一个环路中。MOST 网络中的所有信息都朝同一个方向，从信息娱乐控制模块（ICM）传送到超低音喇叭模块（SUB）。MOST 网络使用主-从的概念，就是说信息娱乐控制模块（ICM）作为主控制模块对 MOST 网络上的通信有全权控制。光纤电缆用塑料制成，通信使用波长为 650nm 的红光。

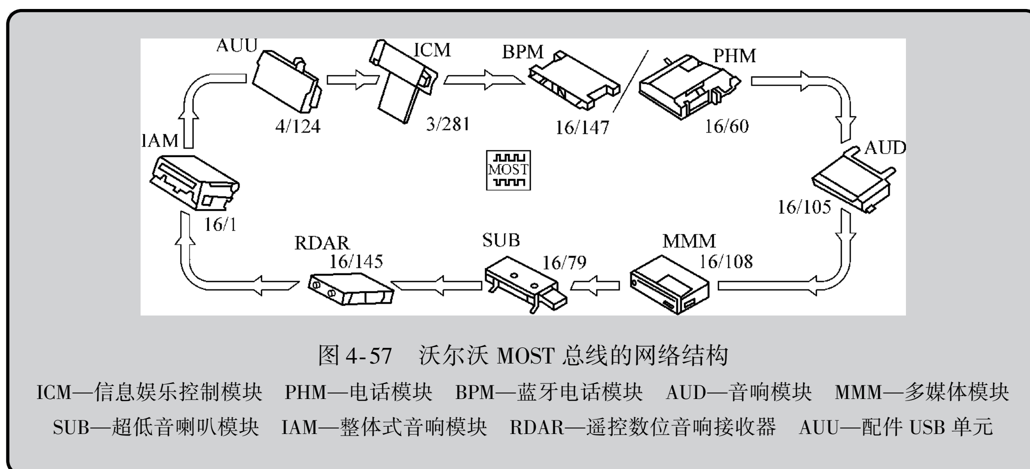


图 4-57　沃尔沃 MOST 总线的网络结构

ICM—信息娱乐控制模块　PHM—电话模块　BPM—蓝牙电话模块　AUD—音响模块　MMM—多媒体模块
SUB—超低音喇叭模块　IAM—整体式音响模块　RDAR—遥控数位音响接收器　AUU—配件 USB 单元

如图 4-58 所示，MOST 网络上的每一个控制模块都有一个包含两个二极管（一个发送二极管和一个接收二极管）的光纤连接器。插头中的两个光纤端子的编号方式在 MOST 网络中所有控制模块上都是相同的。这两个光纤端子的塑料罩壳的大小各不相同。一个具有整体式电源的插头整合了光纤端子，而另一个接头则只有光纤端子。

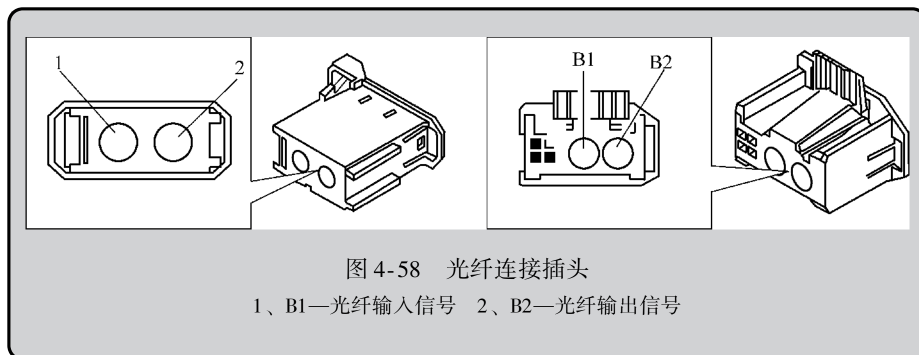


图 4-58 光纤连接插头

1、B1—光纤输入信号 2、B2—光纤输出信号

4-113 沃尔沃 MOST 总线是怎样进行通信的?

所有信息在沃尔沃 MOST 总线上用光波以相同方向传送，即是说如果有其他的控制模块连接到两个正在通信的控制模块之间，光波能够穿过它们而不会影响该信息。被穿过的控制模块放大该光波使它不会变得太弱。

有内部故障的控制模块可以被设为旁通模式。在这种模式中，光波被直接传送通过控制模块，控制模块不会放大该光波。这样，在光波被放大之前距离会长一些，因而亮度会弱一些。如果光波太弱，它就不能被接收控制模块接收。

沃尔沃 MOST 总线中的信息娱乐控制模块（ICM）是 MOST 和 CAN 网络之间的“闸门”，用于与连接在 CAN 网络上的控制模块进行通信。信息娱乐控制模块（ICM）监测 MOST 网络上的通信。这包括分配 MOST 网络上的声道，以便声音数据能够从遥控数位音响接收器（RDAR）分配到整体式音响模块（IAM）等。MOST 网络上的大多数启动均由信息娱乐控制模块（ICM）起始。信息娱乐控制模块（ICM）还管理 MOST 网络上的诊断故障码（DTC）。

如果 MOST 网络中的某个控制模块停止工作并且不能继续传递光波，或光纤电缆上有开路，整个 MOST 网络将停止工作。这样，所有在 MOST 网络上的控制模块也将停止工作。信息娱乐控制模块（ICM）一定要连接到 MOST 网络才能使 MOST 网络上的通信正常工作。信息娱乐控制模块（ICM）反过来在 CAN 网络上由中央电子模块（CEM）监测。

在增加了控制模块时，MOST 网络的连线会增加并且信号路线可能会改变，这是因为使用了转换器布线以连接新的控制模块。MOST 网络上的控制模块应按特别的次序定位。如果不遵照这次序，会破坏 MOST 网络的故障追踪。因此，在新增一个控制模块到 MOST 网络上时，应将它按正确的顺序置入网络，以便于对控制模块进行故障追踪。如果各控制模块按另一个顺序连接，这不会影响 MOST 网络的功能，但故障追踪便会变得困难。

4-114　沃尔沃 MOST 总线的各个控制模块有何功能?

图 4-59 为沃尔沃 MOST 总线的各个控制模块的位置图。表 4-1 列出了 MOST 网络中的所有控制模块的功能。

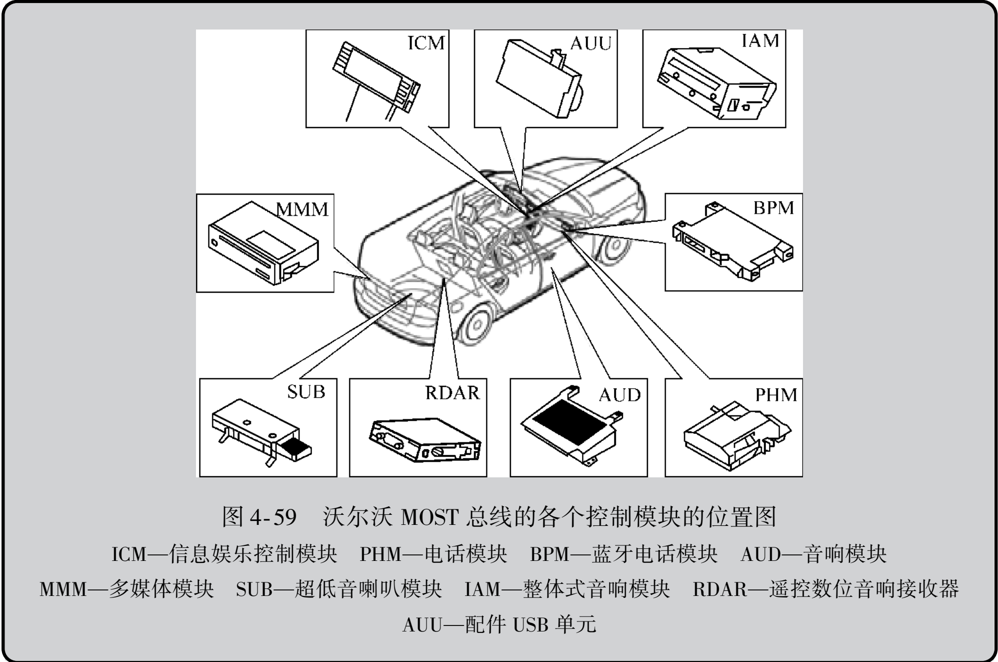


图 4-59　沃尔沃 MOST 总线的各个控制模块的位置图

ICM—信息娱乐控制模块　PHM—电话模块　BPM—蓝牙电话模块　AUD—音响模块
MMM—多媒体模块　SUB—超低音喇叭模块　IAM—整体式音响模块　RDAR—遥控数位音响接收器
AUU—配件 USB 单元

表 4-1　MOST 网络中控制模块的功能

控制模块	功能	通信	备注
信息娱乐控制模块（ICM）	监测 MOST 网络	主控制模块，连接到 MS CAN 以及 MOST 网络	包括在 MOST 网络的标准设置中。必须连接到 MOST 网络才能工作
整体式音响模块（IAM）	有两种型号：CD 播放机、CD 换片机 自带 AM/FM 天线	MOST 网络上的从属模块	包含于 MOST 网络的标准装备
音响模块（AUD）	在汽车配备音响模块（AUD）情况下，放大器直接连接着所有喇叭	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件
遥控数位音响接收器（RDAR）	接收数字式卫星和地面转播无线电信号	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件
配件 USB 单元（AUU）	汽车信息娱乐系统和外部 USB 单元之间的界面，支持基于 USB 1.1 和 2.0 的移动式媒体	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件

（续）

控制模块	功能	通信	备注
电话模块（PHM）	控制汽车电话功能	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件 不能安装到配备蓝牙电话模块（BPM）的车辆内
蓝牙电话模块（BPM）	作为配备着蓝牙技术的、汽车的信息娱乐系统和移动电话之间的无线连接	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件 不能安装到配备电话模块（PHM）的车辆内
多媒体模块（MMM）	在前屏幕控制模块（HLDF）显示交通信息，整合着 TMC 和 GPS 接收器	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件
超低音喇叭模块（SUB）	管理从音响模块（AUD）到超低音喇叭的声音复制功能	MOST 网络上的从属模块	可选配置，配件 仅限于 V70/XC70

4-115　沃尔沃 MOST 总线有哪些故障类型？

沃尔沃 MOST 网络由信息娱乐控制模块（ICM）监测。如果它探测到 MOST 网络上有故障，信息娱乐控制模块（ICM）将会储存诊断故障码（DTC）。有不同类型的诊断故障码（DTC），取决于故障的类型。作为一般原则，如果 MOST 网络中的光波消失，整个网络将停止工作。

沃尔沃 MOST 总线处理的故障类型有：没有来自控制模块的通信和 MOST 网络上的通信故障。

（1）没有来自控制模块的通信　信息娱乐控制模块（ICM）知道有哪些控制模块连接在 MOST 网络上。如果 MOST 网络中任何一台控制模块通信中断，信息娱乐控制模块（ICM）中都会储存一个诊断故障码（DTC）。该故障对于 MOST 网络中的每一台控制模块都有一个诊断故障码（DTC）。通信缺失可能是由于控制模块的内部故障或是因为控制模块中功能执行得不正确。

（2）通信故障　对于使得不能在 MOST 网络上发送信息的故障，诊断故障码 ICM – U1A2400 会被储存。这一故障的原因可能有：

1）控制模块的光纤插头有问题（信息娱乐控制模块 ICM 除外）。

2）控制模块有内部故障，导致光纤连接停止工作。

3）MOST 网络上的一个控制模块没有电源供应。如果没有电源供应，光纤接头停止传送光信号。

4）光纤电缆受损或有开路。如果导线的弯曲半径太小或导线扭结或卡住，就会发生这种故障。

5）光纤插头上有尘垢或油污阻碍了光信号。

6）与控制模块的连接松脱。

7）插头上的光纤端子交叉连接。

8）连接松开是因为光纤布线安装不正确或光纤端销被压回到插头中。

9）桥接连接器松脱或损坏。

断环诊断可用于修正诊断故障码（DTC）ICM－U1A2400。如果在运行了断环诊断之后在MOST网络中发现了断路，诊断故障码（DTC）ICM－U1A1587将会被储存在信息娱乐控制模块（ICM）中。如果是这种情况，可以从信息娱乐控制模块（ICM）读取存在开路的控制模块。

4-116　沃尔沃MOST总线是如何进行断环诊断的?

沃尔沃MOST总线的断环诊断功能在MOST网络上进行故障追踪时是很重要的。在MOST网络中有开路以及诊断故障码ICM－U1A2400被储存到信息娱乐控制模块（ICM）时，使用断环诊断。

在断环诊断期间，所有控制模块都以其在MOST网络上的位置相反的顺序，将一个信息传送到信息娱乐控制模块（ICM）。这就意味着配件USB单元（AUU）先传送，而不是最后传送。失灵的控制模块不会将反应传送到信息娱乐控制模块（ICM）。这也就意味着连接在故障控制模块之前的控制模块将无法把信息传送给信息娱乐控制模块（ICM）。

这同样适用于MOST网络中的光缆开路。开路前方没有控制模块向信息娱乐控制模块（ICM）传送信息。信息娱乐控制模块（ICM）通过使用输入的信息，可以显示发生开路的控制模块。知道连接了哪些控制模块以及他们连接次序是很重要的，可以分辨出在显示的控制模块前、后存在的控制模块。

以某车型为例，一个MOST网络包含所有的8个控制模块。在整体式音响模块（IAM）和电话模块（PHM）之间的导线开路，如图4-60所示。

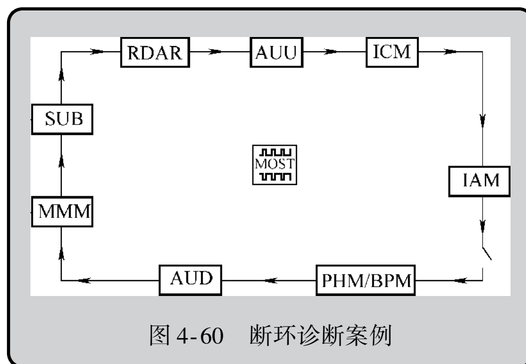
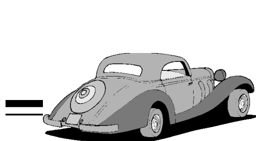


图4-60　断环诊断案例

在断环诊断期间，信息娱乐控制模块（ICM）接收MOST网络上控制模块的应答。那些在电话模块（PHM）之前的控制模块，即整体式音响模块（IAM）不能将它们的应答传送至信息娱乐控制模块（ICM）。信息娱乐控制模块（ICM）现在接收除整体式音响模块（IAM）以外的所有控制模块的响应，因此显示环路中的第一个控制模块以及响应的模块，这种情况下是电话模块（PHM）。如果没有开路，信息娱乐控制模块（ICM）应会回应“OK”。



第五章



FlexRay 总线及其维修技能

5-117　什么是 FlexRay?

当前，行驶动态控制系统、驾驶人辅助系统等新技术及其全新联网方式的出现，使得通过 CAN 总线实现联网的方式已经达到效率极限，因此必须尽快为 CAN 找到一个合适的替代方案。FlexRay 车载网络标准应运而生，将在未来很多年内引导整个汽车电子产品控制结构的发展方向。

FlexRay 协会标志如图 5-1 所示。**FlexRay 的含义是：Flex 意为灵活，Ray 意为鳐鱼。FlexRay 是一种新型通信系统，是一种用于汽车的高速的、可确定的、具备故障容错功能的总线系统。其目标是在电气与机械电子组件之间实现可靠、实时、高效的数据传输，以确保现在和将来车内创新功能的联网。**它的基础源于戴姆勒·克莱斯勒(Daimler－Chrysler）公司的典型应用以及 BMW 公司 Byteflignt 通信系统开发的成功经验，是 Daimler－Chrysler 公司的注册商标。



图 5-1　FlexRay 协会标志

如今，大多数汽车中的控制器件、传感器和执行器之间的数据交换，主要是通过 CAN 网络进行的。然而新的 x－by－wire（线控操作）系统设计思想的出现，导致了车辆系统对信息传送速度尤其是故障容错与时间确定性的需求不断增加。FlexRay 通过在确定的时间槽中传递信息，以及在两个通道上的故障容错和冗余信息的传送，满足了这新增加的要求。

FlexRay 在物理上通过两条分开的总线通信，每一条的数据速率是 10Mbit/s。CAN 网络的最高性能极限为 1Mbit/s，而 FlexRay 总数据速率可达到 20Mbit/s。因此，应用在车载网络，FlexRay 的网络带宽可能是 CAN 的 20 倍之多。

FlexRay 是继 CAN 和 LIN 之后的最新研发成果，可以有效管理多重安全和舒适功能，将成为高级动力总成、底盘、线控系统的标准协议。当前，FlexRay 协议已经得到业界各大汽车生产厂家以及汽车半导体公司的支持，成为下一代车用网络标准。

5-118 FlexRay 的发展历史是怎样的?

FlexRay 网络产品诞生于 20 世纪 90 年代末，当时一些汽车制造商意识到现有网络系统（如 CAN）无法满足未来车载网络（IVN）的需求。这些汽车制造商没有开发自己的解决方案，而是决定组成一个协会，推动 FlexRay 通信系统成为汽车应用领域高速通信网络的行业标准。

1999 年，Daimler – Chrysler 和 BMW 开始进行 FlexRay 研究。

2000 年 9 月，宝马和 Daimler – Chrysler 联合飞利浦和摩托罗拉成立了 FlexRay 联盟。 由于 FlexRay 的优秀特性和广阔的发展前景，又有很多的汽车、半导体和电子系统的生产商陆续加入了 FlexRay 联盟，为联盟的壮大注入更强的活力，并使 FlexRay 通信系统很快获得了动力。目前，FlexRay 联盟包括了汽车工业中绝大多数实力强劲而且影响力极强的厂商，包括博世、通用汽车、福特等。

FlexRay 联盟成员分为四个等级，分别是核心成员、重要联系成员、联系成员和最外层的开发成员。其中核心成员包括宝马、Daimler – Chrysler、通用、大众、博世、飞思卡尔和飞利浦， 其具体任务为制订 FlexRay 需求定义、开发 FlexRay 协议、定义数据链路层、提供支持 FlexRay 的控制器、开发 FlexRay 物理层规范并实现基础解决方案。

2001 年，恩智浦开发了第一个硬件解决方案。这款产品称为恩智浦 FlexRay TJA1080 收发器。

2002 年，大众公司在美国的 FlexRay 大会上宣称支持 FlexRay。

2003 年，开始鉴定 FlexRay 用于 x – by – wire 系统的可行性。

从 2002 年至今，世界范围内几乎所有有影响的汽车制造商和供货商都加入了 FlexRay 联盟。 从 2002 年发布的 V0. 4. 3 协议规范到 2005 年的 V2. 1 协议规范，FlexRay 共发布多达 7 个版本。

2006 年底，恩智浦实现重要的里程碑，第一款采用 FlexRay 网络的车型——宝马 X5 投入量产，其主动式阻尼控制系统采用恩智浦的 TJA1080 收发器。 从此，FlexRay 不再只处于开发阶段，同样也已进入量产阶段，并获得实际应用。

未来 FlexRay 作为标准总线将用于所有 x – by – wire 系统（制动、转向等）、其他安全关键领域（工业、航空等）和用作数据主干网（相比 CAN 总线有更高的带宽）。

5-119 FlexRay 的主要特点有哪些?

FlexRay 关注的是当今汽车行业的一些核心需求，包括更快的数据速率、更灵活的数据通信、更全面的拓扑选择和容错运算。其主要特点有：

（1）高带宽 FlexRay 总线支持两个通信信道。每个通信信道的速度可以达到 10Mbit/s。这两个信道主要是用于冗余和故障容错的信息传输，但在对容错功能要求不高，仅对速率有要求的系统中，两个信道可用于传输不同的信息，从而通信速率就可以达到 20Mbit/s。这将是 CAN 通信速率的 20 倍。而且，可以通过对通信控制器的配制，使总线可在 10Mbit/s、8Mbit/s、5Mbit/s 及 2. 5Mbit/s 的速率下工作，提高了带宽的灵活性，从而也使 FlexRay 能胜

任更多的应用场合。

(2) 确定性　FlexRay 总线的通信在周期循环的静态段采用时间触发的方法，保证在静态段传输的特定信息，在周期循环中拥有固定的位置，也就是说接收器已经提前知道了信息到达的时间，并且到达时间的临时偏差幅度会非常小。因此，即便行车环境恶劣多变，干扰了系统传输，FlexRay 仍可以确保将信息的延迟和抖动降至最低，从而尽可能保持了传输的同步与可预测。这对需要持续的高速性能的应用（如线控制动、线控转向等）来说，是非常重要的。

(3) 容错性　FlexRay 提供多个级别的容错功能，包括单通道和双通道容错通信。独立的总线监控器，把节点的通信控制器与总线相连。当某个节点发生故障而不能正常地接收或发送数据时，总线监控器会将通信控制器和总线断开，从而不会影响到其他节点的工作。其星形拓扑中的星形连接器本身就具有故障隔离功能。在双通道系统中则是通过冗余备份的方法来实现容错的，即两个通道上传输相同的信息。当一个通道出现故障而无法正常工作时，另一个通道上的数据就可以保证系统的正常运行，而不会因为某一个通道上的数据丢失影响到系统的稳定性。

(4) 灵活性　FlexRay 总线的带宽可调，可以通过冗余和非冗余通信构建多种拓扑结构，以及通信方式可采用时间触发和事件触发相结合的方式，从而使 FlexRay 总线的实现非常灵活。它支持光物理层和电物理层，使生产商能够部署最符合他们需求的布线机制。

5-120　FlexRay 的拓扑结构是怎样的?

FlexRay 的拓扑结构主要可以分为三种：总线式、星形、总线星形混合型。在星形结构中，还存在联级方式。通常，FlexRay 节点可以支持两个信道，因而可以开发单信道和双信道两种系统。在双信道系统中，不是所有节点都必须与两个信道连接。与总线结构相比，星形结构的优势在于：它在接收器和发送器之间提供点到点连接。该优势在高传输速率和长传输线路中尤为明显。另一个重要优势是错误分离功能。例如，如果信号传输使用的两条线路短路，总线系统在该信道不能进行进一步的通信。如果使用星形结构，则只有连接短路的节点才会受到影响，其他所有节点仍然可以继续与其他节点通信。

双通道总线式拓扑结构如图 5-2 所示，双通道星形拓扑结构如图 5-3 所示，单、双通道联级星形拓扑结构如图 5-4 和图 5-5 所示，单、双通道混合型拓扑结构如图 5-6、图 5-7 所示。

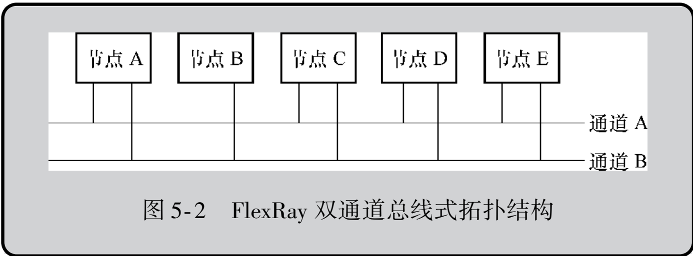


图 5-2　FlexRay 双通道总线式拓扑结构

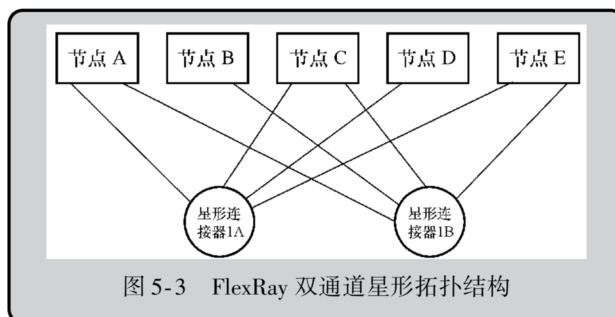


图 5-3　FlexRay 双通道星形拓扑结构

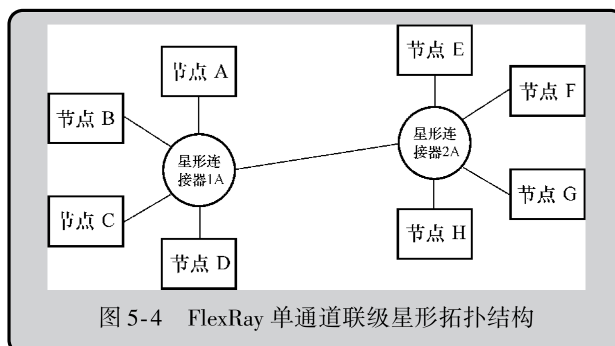


图 5-4　FlexRay 单通道联级星形拓扑结构

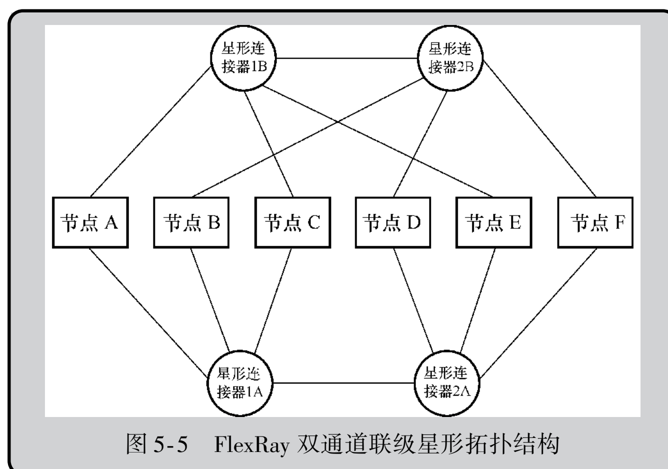


图 5-5　FlexRay 双通道联级星形拓扑结构

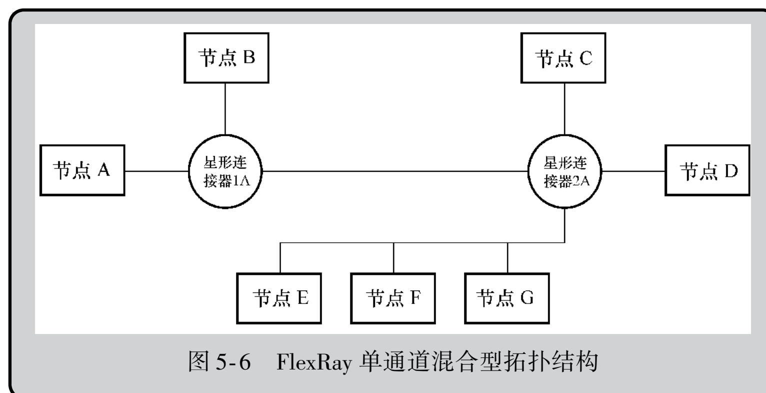


图 5-6　FlexRay 单通道混合型拓扑结构

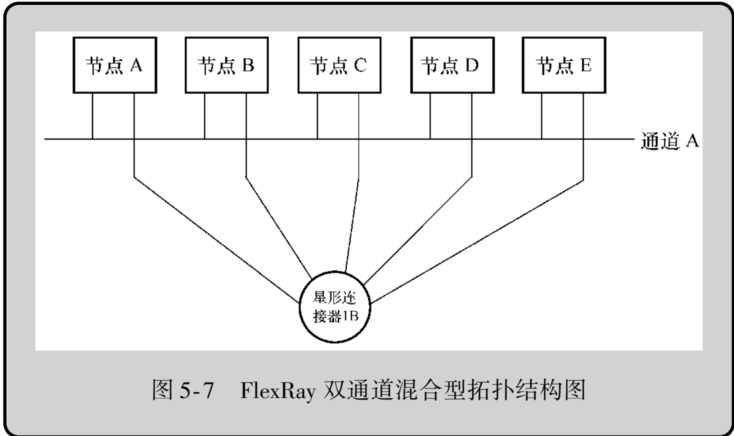


图 5-7　FlexRay 双通道混合型拓扑结构图

5-121　FlexRay 控制单元的结构及原理是怎样的?

FlexRay 控制单元即节点，是接入 FlexRay 网络中的独立完成相应功能的单元，主要由电源供给系统、主处理器、通信控制器、可选的总线监控器和总线驱动器组成，如图 5-8 所示。主处理器提供和产生数据，并通过通信控制器传送出去。其中总线驱动器和总线监控器的个数对应于通道数，与通信控制器和主处理器相连。总线驱动器连接着通信控制器和总线，或是连接总线监控器和总线。主处理器把 FlexRay 控制器分配的时间槽通知给总线监视器，然后总线监视器就允许 FlexRay 控制器在这些时间槽中来传输数据，数据可以在任何时候被接收。

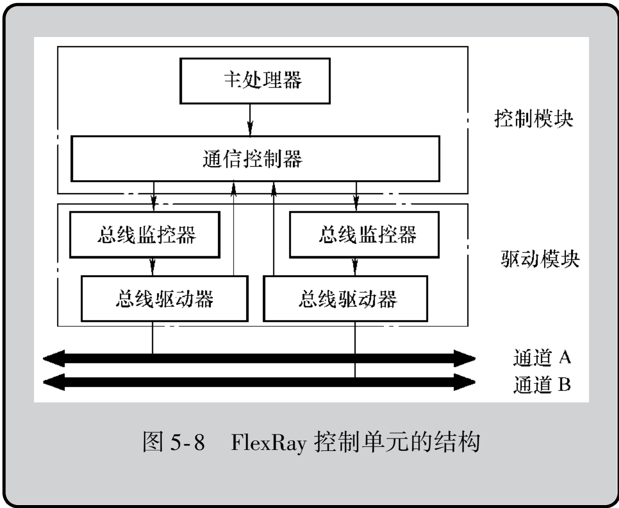


图 5-8　FlexRay 控制单元的结构

控制单元的两个通信过程如下：

(1) 发送数据　主处理器将有效的数据送给通信控制器，在通信控制器中进行编码，形成数据位流，通过总线驱动器发送到相应的通道上。

(2) 接收数据　在某一时刻，由总线驱动器将数据位流送到通信控制器进行解码，将数据部分由通信控制器传送给主处理器。

5-122 FlexRay的基本工作原理是怎样的?

FlexRay总线的基本工作原理与使用至今的数据总线系统（CAN总线、LIN总线和MOST总线）不同。如图5-9所示，如果用索道来比喻，索道的站点就像总线用户，即信息发送和接收器（控制单元），索道的吊车就像数据帧，而乘客就是信息。控制单元通过FlexRay总线发送信息的时间点可以精准地确定，发出信息到达接收器的时间也可以精确地识别。这就与索道既定不变的“时刻表”相同，即使控制单元不发送任何信息，也为它预留一定的带宽，就像索道上，无论是否有乘客，索道都在运行。所以，不需要像在CAN总线上那样设定信息的优先级。“空吊车”情况可视为信息发送器发生故障，也就是说，控制单元总是发送信息，并标记新内容。如果没有可以使用的新数据，则再次发送旧数据。



图5-9 索道

5-123 FlexRay的通信模式是怎样的?

FlexRay的通信是在周期循环中进行的，通信周期不断循环，一个通信周期持续约5ms。一个通信循环始终包括静态段、动态段和网络闲置时间（见图5-10）。

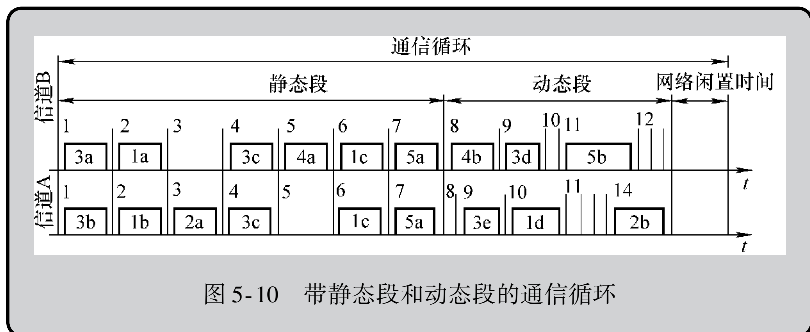


图5-10 带静态段和动态段的通信循环

静态段在控制单元之间传递信息。为了传输数据，静态段被分为62个时隙，即所谓“时间槽”。一个静态时间槽只能发送到一个特定的控制单元中，但是，所有控制单元可以接收所有静态时间槽，也包括那些与它没有确定关系的时间槽。所有静态时间槽的长度都相等，都是42B。时间槽的顺序固定不变，在接连不断的通信周期中，各个静态段传输不同内容的信息。一般来说，无论所有时间槽是否承载信息，整个时间槽结构都会被传输。

动态段被分成若干“最小时隙”，所有控制单元都会接收动态段，动态段是通信周期中为了能够传输事件触发的数据而预留的位置。

网络闲置时间就是“网络静止时间”。在这段时间内，FlexRay总线上没有信息在传输。

所有控制单元利用网络闲置时间使内部时钟与全球时基同步。

5-124　FlexRay 的数据帧是如何组成的?

如图 5-11 所示，**FlexRay 的一个数据帧由帧头（Header Segment）、有效数据段（Payload Segment）和帧尾（Trailer Segment）三部分组成。**

（1）帧头　帧头共由 5 个字节（40bit）组成，包括以下几位：

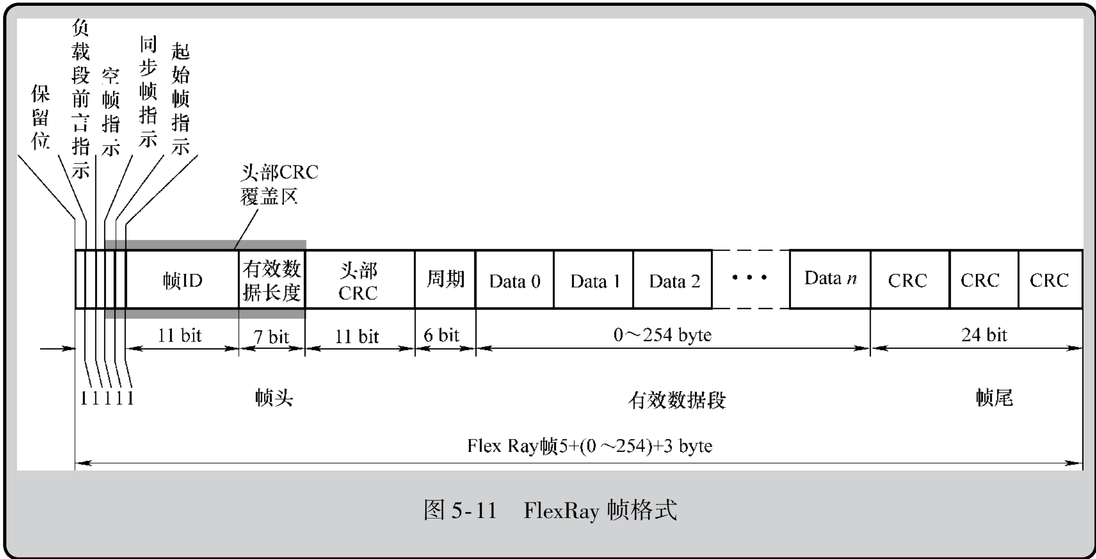


图 5-11　FlexRay 帧格式

1）保留位（Reserved bit，1bit）：为日后的扩展做准备。

2）负载段前言指示（Payload preamble indicator，1bit）：指明帧的负载段的矢量信息。

3）空帧指示（Null frame indicator，1bit）：指明负载段的数据帧是否为零。

4）同步帧指示（Sync frame indicator，1bit）：指明这是一个同步帧。

5）起始帧指示（Startup frame indicator，1bit）：指明发送帧的节点是否为起始帧。

6）帧 ID（Frame ID，11bit）：指明在系统设计过程中分配到每个节点的 ID（有效范围为 1～2047）。

7）有效数据长度（Payload length，7bit）：指示有效数据的长度，以字为单位。

8）头部 CRC（Header CRC，11bit）：表明同步帧指示器和起始帧指示器的 CRC 计算值，以及由主机计算的帧 ID 和帧长度。

9）周期（Cycle count，6bit）：指明在帧传输时间内传输帧的节点的周期计数。

（2）有效数据段　有效数据段由以下三个部分组成：

1）数据：可以是 0～254 字节或者说 0～127 个字，在图中分别以 data0、data1、……表示。

2）信息 ID：使用负载段的前两个字节进行定义，可以在接收方作为可过滤数据使用。

3）网络管理矢量（NWVector）：该矢量长度必须为 0～10 个字节，并和所有节点相同。该帧的尾段包括硬件规定的 CRC 值。这些 CRC 值会在连接的信道上面改变种子值，以防不正确的校正。一般将有效数据部分的前 6 个字节设为海明距离（Hamming Distance）。

（3）帧尾　只含有单个的数据域，即CRC部分，包括帧头CRC和数据帧的CRC。

5-125　FlexRay总线上传输的信号是怎样的?

FlexRay总线的两条数据线，分别是“Busplus”（BP）和“Busminus”（BM）。两条数据线上的电平在最低值1.5V和最高值3.5V之间变换。

FlexRay总线上传输的信号有四种状态（见图5-12）：

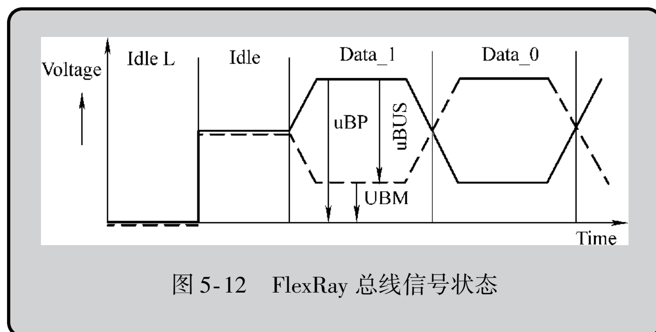


图5-12　FlexRay总线信号状态

1）Idle_ L：低功率状态。

2）Idle：无通信状态（空闲），两数据线的电平都为2.5V。

3）Data_ 0：逻辑低，Busplus（BP）上为低电平，Busminus（BM）上为高电平。

4）Data_ 1：逻辑高，Busplus（BP）上为高电平，Busminus（BM）上为低电平。

FlexRay总线信号中，传输时间与数据线长度以及总线驱动器的传输用时有关。信号差别传输需要两条数据线，接收器通过两个信号的差别确定比特状态，典型的数值是1.8～2.0V的压差。发送器附近必须至少有1.2V的压差，接收器处的直接最小压差为0.8V。如果在一定时间之内总线上没有变化，FlexRay总线自动进入休眠模式（空闲）。

5-126　宝马新7系（F01/F02）FlexRay总线的结构是怎样的?

宝马新7系（F01/F02）首次在批量生产车型中通过FlexRay总线系统以跨系统方式实现行驶动态管理系统和发动机管理系统的联网。中央网关模块用于不同总线系统与FlexRay之间的连接。

图5-13为**宝马新7系（F01/F02）FlexRay总线的实际拓扑结构，采用总线星形混合型拓扑结构。根据车辆配置不同，中央网关模块ZGM带有一个或两个星形连接器，每个星形连接器都有四个总线驱动器。总线驱动器将控制单元数据通过通信控制器传输给中央网关模块（ZGM）。根据FlexRay控制单元的终端形式，总线驱动器通过两种方式与这些控制单元相连。**

宝马新7系（F01/F02）FlexRay总线采用带电缆套的双芯双绞线电缆。电缆套用于防止电缆机械损坏。与大多数总线系统一样，为了避免在数据线上反射，宝马新7系（F01/F02）FlexRay上的数据线两端也使用了终端电阻（作为总线终端）。这些终端电阻的阻值由数据传输速度和数据线长度决定。终端电阻位于各控制单元内。

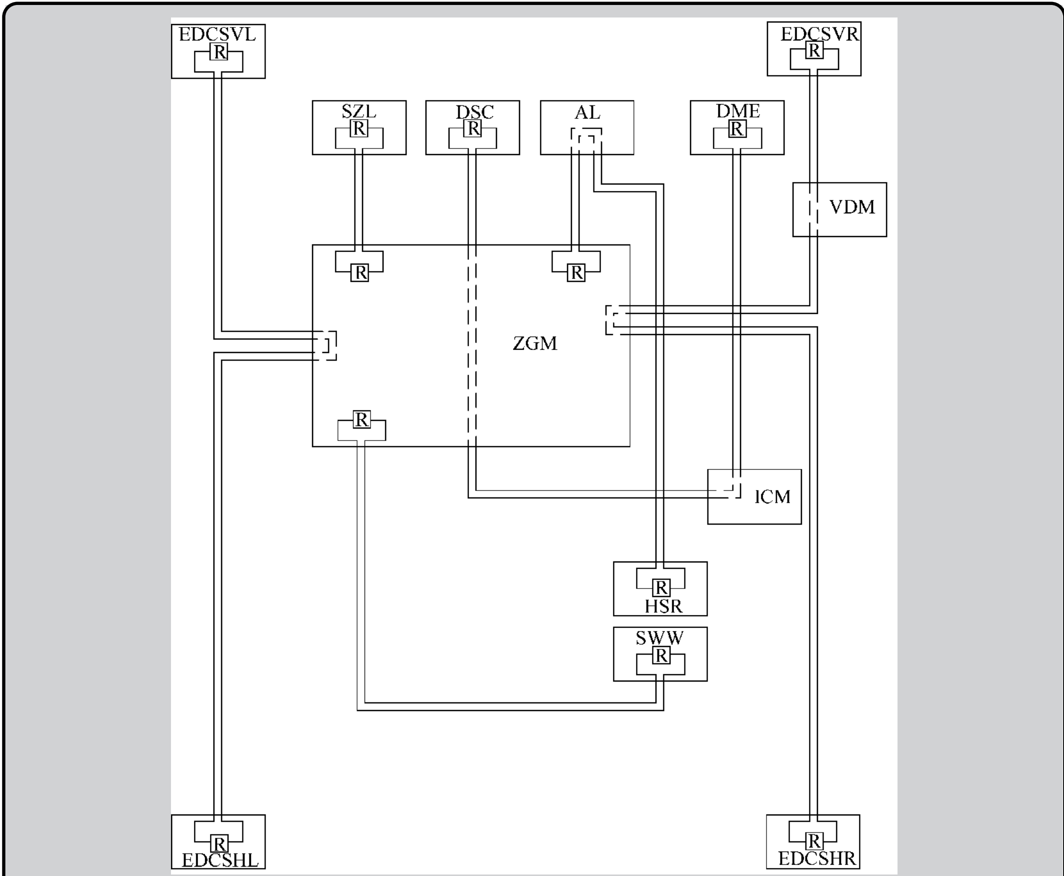


图 5-13　宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 的拓扑结构

AL—主动转向系统　DME—数字式发动机电子系统　DSC—动态稳定控制系统
EDCSHL—左后电子减振器控制系统卫星式控制单元　EDCSHR—右后电子减振器控制系统卫星式控制单元
EDCSVL—左前电子减振器控制系统卫星式控制单元　EDCSVR—右前电子减振器控制系统卫星式控制单元
HSR—后桥侧偏角控制系统　ICM—集成式底盘管理系统　SWW—变道警告系统　SZL—转向柱开关中心
VDM—垂直动态管理系统　ZGM—中央网关模块

如果一个总线驱动器上仅连接一个控制单元（见图 5-14，SZL 与总线驱动器 BD0 相连），则总线驱动器和控制单元的接口各有一个终端电阻。中央网关模块的这种连接方式称为终止节点终端。

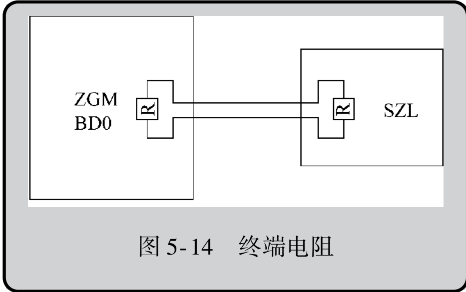


图 5-14　终端电阻

如果控制单元上的接口不是物理终止节点（见图 5-15，总线驱动器 BD2 上的 DSC、ICM 和 DME），则称为 FlexRay 传输和继续传输数据线。在这种情况下，每个总线路径端部的两个组件必须以终端电阻终止。这种连接方式既用于中央网关模块，也用于一些控制单元。但是带有传输和继续传输数据线的控制单元还使用一个非终止节点终端来获取数据。受这种终端形式的电阻/电容器电路所限，无法通过测量技术在控制单元插头上对其进行检查。

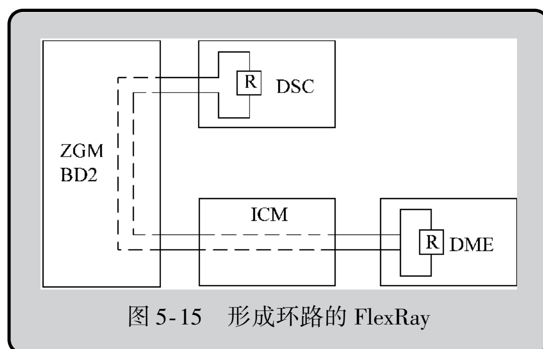


图 5-15　形成环路的 FlexRay

5-127　宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线传输的信号是怎样的?

宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线的数据传输信号必须在规定范围内。如图 5-16、图 5-17 所示为总线信号的正常图形和非正常图形。无论在时间轴上还是电压轴上，电信号都不应进入内部区域。FlexRay 总线系统是数据传输率较高且电压变化较快的一种总线系统。电压高低以及电压上升沿和下降沿斜率有严格规定，必须达到规定数值，不得进入所标志的区域（绿色或红色六边形）。因电缆安装不正确、接触电阻等产生的电气故障可能会导致数据传输问题。

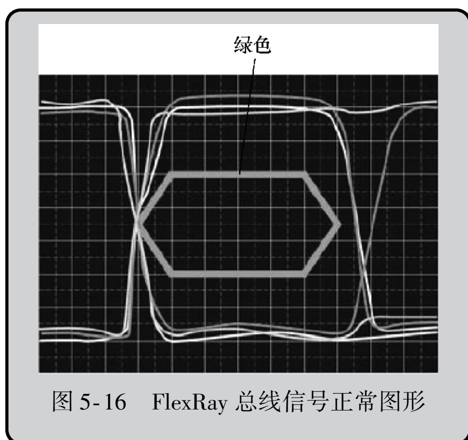


图 5-16　FlexRay 总线信号正常图形

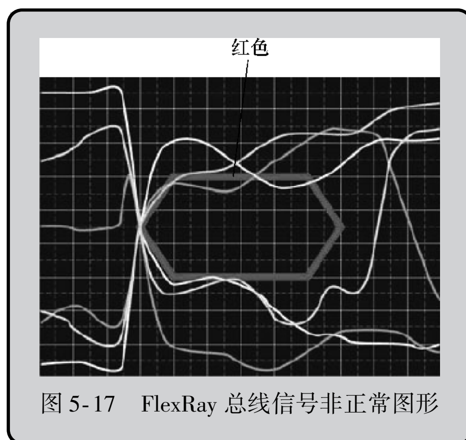


图 5-17　FlexRay 总线信号非正常图形

FlexRay 总线系统的电压值可以通过对地测量方式得到，其电压范围如下：

1）系统接通：无总线通信 2.5V。

2）高电平信号：3.1V（电压信号上升 600mV）。

3）低电平信号：1.9V（电压信号下降 600mV）。

5-128　宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线是怎样进行唤醒和休眠的?

虽然可通过总线信号唤醒 FlexRay 控制单元，但大部分 FlexRay 控制单元由便捷登车及起

动系统 CAS 控制单元通过一个附加唤醒导线启用。该唤醒导线的功能与 CAN 总线内的唤醒导线相同，其信号曲线与 CAN 的信号曲线一样。主动转向系统 AL 和垂直动态管理系统 VDM 不通过唤醒导线，而是通过总线信号唤醒。随后通过接通供电直接由垂直动态管理系统 VDM 启用四个减振器卫星式控制单元。

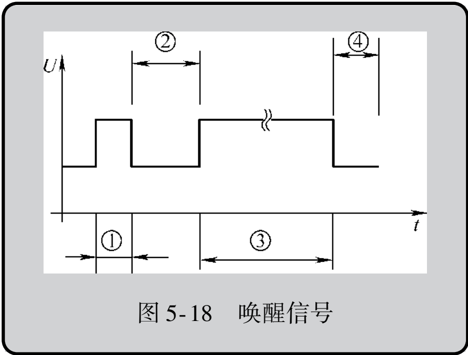


图 5-18　唤醒信号

图 5-18 为车辆开锁和起动时典型的电压曲线。

(1) 第一阶段（见图 5-18 中的①）　驾驶人将车辆开锁。便捷登车及起动系统 CAS 控制单元启用唤醒脉冲并通过唤醒导线将其传输给所连接的 FlexRay 控制单元。

(2) 第二阶段（见图 5-18 中的②）　打开车门，总线系统内的电压再次下降。

(3) 第三阶段（见图 5-18 中的③）　起动车辆，电压保持在设定值，直至再次关闭点火开关。

(4) 第四阶段（见图 5-18 中的④）　关闭点火开关时整个车辆网络必须进入休眠模式，以免耗电过多。为确保所有控制单元都“休眠”，网络内的每个控制单元都自动注销。如果不是这种情况，就会存储一条故障信息，进行能量诊断工作时将评估这条故障信息。

5-129　宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线信号是怎样实现同步化的?

宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线为了能够在联网控制单元内同步执行各项功能，需要一个共同的时基。因为所有控制单元内部利用其自身的时钟脉冲发生器工作，所以必须通过总线进行时间匹配。控制单元测量某些同步位的持续时间，据此计算平均值并根据这个数值调整总线时钟脉冲。

同步位在总线信息的静态部分中发送。系统启动后，只要便捷登车及起动系统 CAS 控制单元发送一个唤醒脉冲，FlexRay 上的两个授权唤醒控制单元之间就会开始进行同步化。该过程结束时，其余控制单元相继自动在 FlexRay 上注册并计算出各自的差值。此外在运行期间还会对同步化进行计算校正。这样可以确保最小的时间差，从而在较长时间内不会导致传输错误。

5-130　宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 总线是如何进行故障诊断的?

宝马新 7 系（F01/F02）FlexRay 数据线出现故障（如短路或对地短路）或 FlexRay 控制单元自身出现故障时，可能会切断各控制单元或整个支路与总线之间的通信，但带有四个

授权唤醒 FlexRay 控制单元（ZGM、DME、DSC、ICM）的分支除外。如果这些控制单元之间的通信中断，则发动机无法起动。此外，控制单元内的这种总线监控功能还能防止在非授权时间发送信息，从而防止覆盖其他信息。

由于数据线的浪涌阻抗（高频导线的阻抗）取决于外部影响因素，因此终端电阻根据所需阻值进行了准确调节。借助电阻表（或万用表电阻档）可以相对简单地检测至终端设备的部分数据线。为此应从中央网关模块处进行测量。

测量 FlexRay 电阻时必须使用车辆电路图。由于终端方案不同，可能导致对测量结果做出错误判断。FlexRay 数据线电阻的测量结果无法完全体现出系统布线的功能。出现挤压变形或插头腐蚀等损坏情况时，在静态模式下电阻值可能位于允许偏差范围内。但在动态模式下，电气影响可能会引起浪涌阻抗提高，从而出现数据传输问题。

FlexRay 总线可以维修。电缆损坏时可以用普通电缆连接器连接在一起。但是安装时必须遵守其特殊要求。FlexRay 的线路是采用双绞线数据线，进行维修时也必须尽可能保持这种双绞线布置方式。剥掉绝缘层的维修部位必须用冷缩配合软管密封。进水后可能会影响浪涌阻抗，进而影响总线系统的效率。

5-131　奥迪 A8L 的 FlexRay 总线有何特点？

奥迪 A8L 的 FlexRay 有以下特点：

1）双线式总线系统，采用两条横截面积为 0.35mm^2 的双芯护套电缆作为 FlexRay 数据总线，用于数据传输。

2）时间控制式数据传输，数据传输率最高可达 10Mbit/s，数据传输有三个信号状态：Idle（空闲）、Data0（数据 0）和 Data1（数据 1）。

3）有源星形拓扑结构，采用点对点连接和菊花链。

4）实时性，可实现分散调节，并可用于与安全相关的系统。

5-132　奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的结构是怎样的？

如图 5-19 所示，**在奥迪 A8L 中，每条支路上最多连接两个控制单元。其中，主动星形连接器以及支路上的末端控制单元内部接终端电阻。该电阻为低电阻，阻值约为 90Ω，中间控制单元内部也接终端电阻，该电阻为高电阻，阻值约为 2.6kΩ。**

控制单元一条 FlexRay 支路上的中间控制单元通过四个芯脚与 FlexRay 总线连接，两个用来将总线信号转送给下一个控制单元，另外两个用于直接与 FlexRay 总线通信。节点控制单元只有两个芯脚，如 ABS 控制单元 J104。

图 5219　奥迪 A8L的 FlexRay总线电路

J533—数据总线诊断接口　J104—ABS控制单元　J851—图像处理控制单元　J197—水平调节控制单元

J492—四轮驱动电子控制单元　J849—传感器电子控制单元　J850—车距调节控制单元 2　J428—车距调节控制单元

5-133　奥迪A8L的FlexRay总线上传输的信号是怎样的?

奥迪A8L的FlexRay总线的两条数据线，分别是Busplus和Busminus。两条数据线上的电平在最低值1.5V和最高值3.5V之间变换。其信号状态有三种（见图5-20）：

1）空闲：两数据线的电平都为2.5V。

2）Data0：Busplus上为低电平，Busminus上为高电平。

3）Data1：Busplus上为高电平，Busminus上为低电平。

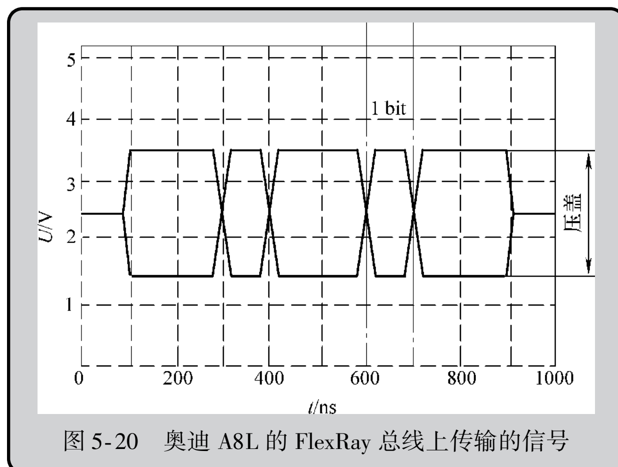


图5-20　奥迪A8L的FlexRay总线上传输的信号

传输的信号中，一个比特占100ns带宽。传输时间与数据线长度以及总线驱动器的传输用时有关。接收器通过两个信号的差别确定本来的比特状态，典型的数值是1.8~2.0V的压差。发送器附近必须至少有1200mV的压差；接收器处的直接最小压差为800mV。如果在640~2660μs之内总线上没有变化，FlexRay总线自动进入休眠模式（空闲）。

5-134　奥迪A8L的FlexRay总线的工作流程是怎样的?

(1) 唤醒　如果FlexRay总线处于休眠模式，系统会先通过唤醒过程使FlexRay变成待机模式。即使激活所有接线端30（蓄电池电源）的总线用户，FlexRay总线也无法主动进行通信。唤醒时，唤醒控制单元在FlexRay总线上发送唤醒符号。在发送前总是要延时确定FlexRay总线上是否真的没有通信，所有控制单元是否真的都处于休眠状态。

(2) 启动阶段　启动后，FlexRay总线才有真正的通信。启动，就是指网络的启动，只能由冷态启动控制单元完成。第一个向FlexRay总线发送信息的冷态启动控制单元开始启动过程。冷态启动和同步控制单元将会启动网络，并建立同步。

冷态启动和同步控制单元有：数据总线诊断接口J533、ABS控制单元J104、电子传感器控制单元J849。

非冷态启动控制单元不会启动FlexRay总线，对建立同步也没有帮助。只有当两个以上其他总线用户在FlexRay总线上发送信息后，非冷态启动控制单元才可以发送信息。非冷态启动控制单元有：车距控制装置控制单元J428、车距控制装置控制单元2 J850、图像处理控制单元J851、四轮驱动系统控制单元J492、水平高度调节系统控制单元J197（无法启动网络，但是对同步有帮助）。

(3) 初始化阶段　引导启动过程的冷态启动控制单元1以本身未经修正的时基开始传输数据。冷态启动控制单元2与冷态启动控制单元1的数据流建立同步。仅当两个以上冷态

启动控制单元开始通信后，非冷态启动控制单元才与 FlexRay 总线建立同步。

5-135 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的典型故障表现有哪些?

奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的典型故障表现有：

(1) 一条数据总线对地短路 数据总线诊断接口 J533 识别到一个持续不变的压差。相关的总线支路关闭，直到再次“空闲”，也就是说，识别到休眠模式的电平。

(2) 两条数据总线相互短路 数据总线诊断接口 J533 识别到“空闲”电压持久不变。该总线支路上再也无法发送和接收数据。

(3) 控制单元持续发送“空闲” 数据总线诊断接口 J533 识别到总线支路“空闲”，并关闭总线支路。

5-136 如何对奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的故障进行诊断?

数据总线诊断接口 J533 识别到网络中的故障，并使没有故障的区域可以继续工作。故障可能仅出现在某一部分网络内，但是也有可能涉及整个网络。

下列 FlexRay 总线故障可以用车辆诊断测试仪诊断（地址码 19 – 数据总线诊断接口）：

① 控制单元无通信；

② FlexRay 数据总线损坏；

③ FlexRay 数据总线初始化失败；

④ FlexRay 数据总线信号出错。

图 5-21 列出了奥迪 A8L 的 FlexRay 总线所有终端电阻的阻值，可以结合故障诊断对出现故障的部位进行检查。当 FlexRay 数据总线出现短路时，只影响在同一支路的所有控制单元出现“无法达到”故障；当 FlexRay 数据总线出现断路时，只影响在同一支路断点后的控制单元出现“无法达到”故障（见图 5-22）。要注意的是，J104 是由 CAN 总线诊断的，而 J492 是由 FlexRay 总线诊断。

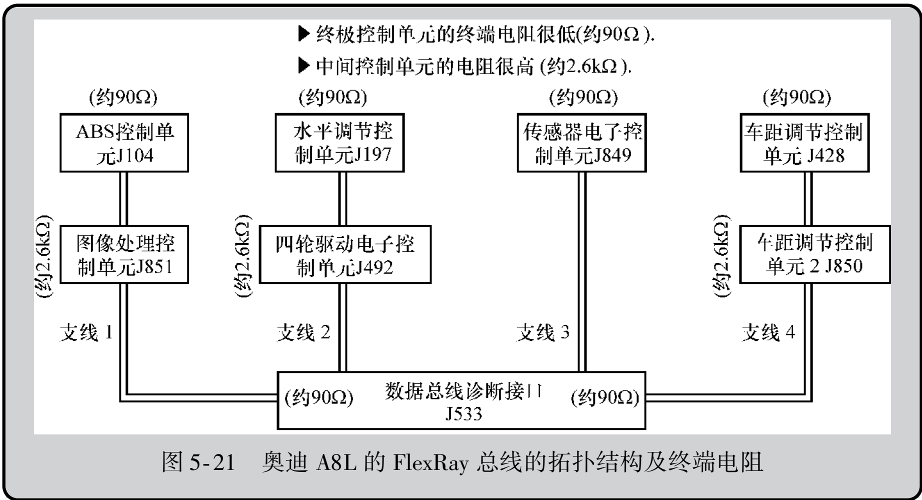


图 5-21 奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的拓扑结构及终端电阻

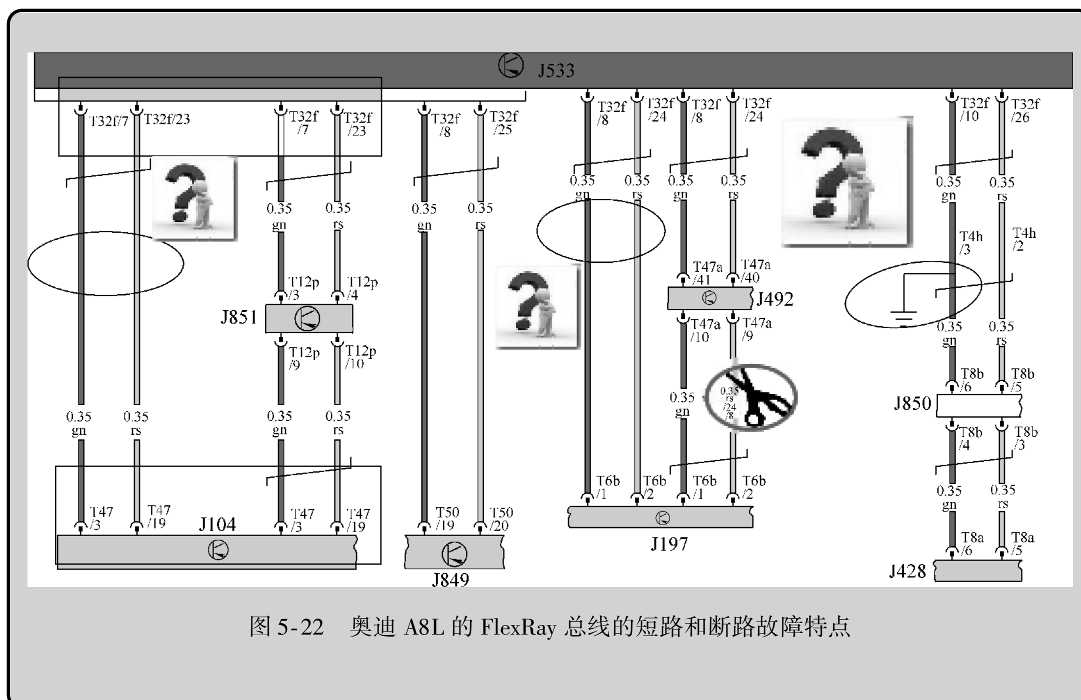


图 5-22　奥迪 A8L 的 FlexRay 总线的短路和断路故障特点

5-137　如何对奥迪 A8L 的 FlexRay 数据总线进行维修?

FlexRay 数据总线与 CAN 数据总线一样，是绞接线。该线另有保护层，保护层不是起屏蔽作用的，而是用于尽量降低外部干扰（如湿度和温度）对数据线特性阻抗的影响。

理论上讲，FlexRay 数据总线在修理时可逐段更换，但要注意无绞接段和无外皮段的长度（见图 5-23）。

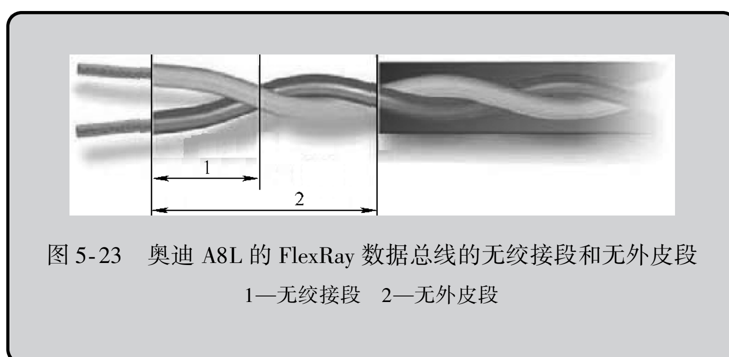


图 5-23　奥迪 A8L 的 FlexRay 数据总线的无绞接段和无外皮段

1—无绞接段　2—无外皮段

如图 5-24 所示，奥迪 A8L 的 FlexRay 使用横截面积为 0.35mm^2 的双芯护套电缆作为数据总线 1 和 2。

维修时，FlexRay 数据总线的两根芯的长度必须完全吻合。

如果要绞合 FlexRay 数据总线 1 和 2，则必须满足绞距 A =30mm。

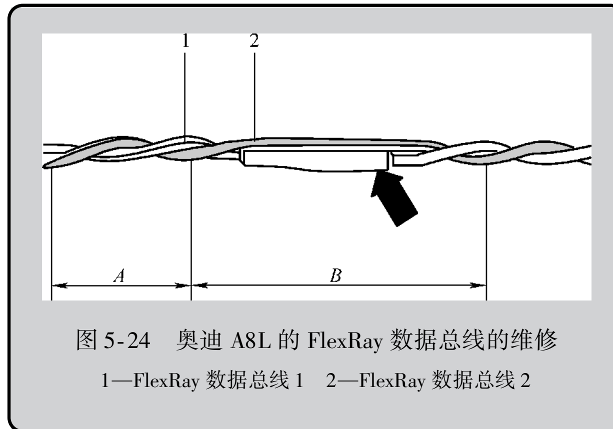


图 5-24　奥迪 A8L 的 FlexRay 数据总线的维修

1—FlexRay 数据总线 1　2—FlexRay 数据总线 2

如果两条 FlexRay 数据总线未绞合，则线段不得大于 *B* = 30mm，例如图 5-24 中压接器区域内的箭头。剥除护套的电缆长度最长为 100mm。

第六章

其他车载网络系统及其维修技能

6-138 什么是 VAN 总线?

VAN 总线是车辆局域网（Vehicle Area Network）的简称，是一种只需要中等通信速率的通信协议，由法国的雷诺汽车公司和标致集团在 1985 年联合开发，1989 年生产出第一批部件，1992 年通过 ISO 国际标准认证，1994 年最早装备在雪铁龙 VM 车型上。

VAN 作为专门为汽车开发的总线，属于 C 类网络，其通信介质简单，在 40m 内位传输速率最高可达 1Mbit/s，其常规流量为 62.5kbit/s 或 125bit/s。从系统发出指令到执行，VAN 总线的反应时间大约为 100ms。VAN 总线研发的目的是为了连接汽车上各个复杂的通信系统，同时也是为了使简单元件和支线连接成总线，保证网络传输的节奏。VAN 支持分布式实时控制的通信网络，广泛应用于车身功能和舒适性功能的管理，如汽车门锁、电动车窗、空调、自动报警以及娱乐控制等系统。VAN 总线作为串行通信网络，与一般总线相比，其数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性。VAN 标准特别考虑了严峻的环境温度、电磁干扰和振动因素，尤其适用于需要现场总线的实时控制系统，在世界汽车生产中得到大批量的应用。

图 6-1 为 VAN 总线的典型结构。

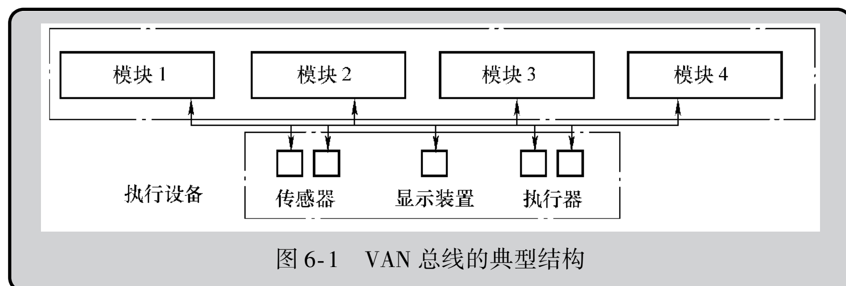


图 6-1　VAN 总线的典型结构

6-139 VAN 总线的网络结构是怎样的?

如图 6-2 所示，**VAN 总线的网络结构主要有三种形式，即多主控、主控－执行和混合系统。**

多主控系统由多个主控模块一起组成网络，彼此之间没有从属关系，相互独立。多主控系统应用于高速率的信息传递，信息的传递是多方向的。

主控－执行系统由一个主控模块和多个从控模块组成网络，对信息传递的速度要求低，信息流动方向单一。从控模块在网络上不能自由发言，主控模块通过与从控模块的信息交流获得所需要的信息，类似于提问和回答的形式；主控模块通过发出的指令让从控模块完成特定的动作，如灯光、音响、执行器的动作等。

混合系统也称多主控－多从控系统，即由多个主控模块和多个从控模块组成网络，通过多个主控模块控制多个从控模块实现资源、信息的共享，进行多对一的控制及一对多的响应。

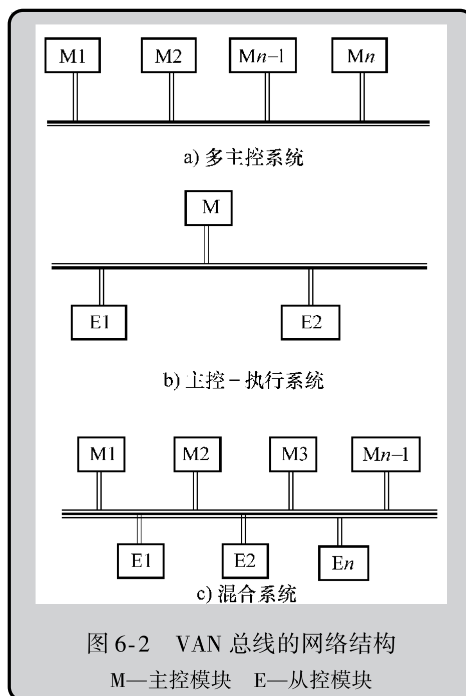


图 6-2　VAN 总线的网络结构

M—主控模块　E—从控模块

汽车制造商一般根据所使用车载网络的结构、规模以及潜在的信息流量，来确定网络结构形式。在 VAN 网络中，两个节点之间的距离越大，信息通信速度越慢。另外，VAN 网络中节点数量越多，传输速度也越慢。例如，由于安装位置、环境和电缆长度的限制，车身系统 VAN 网采用主控－执行形式，使用较低的传输速率（62.5kbit/s），如图 6-3 所示。舒适系统 VAN 网采用混合形式，使用较高的传输速率（125kbit/s）如图 6-4 所示。

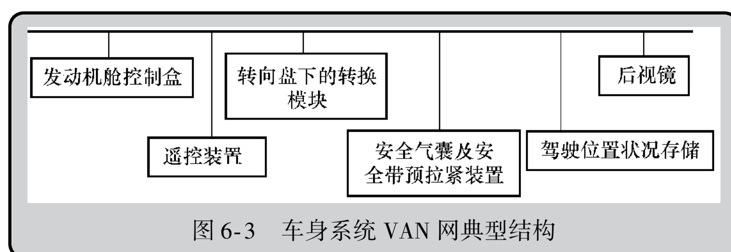


图 6-3　车身系统 VAN 网典型结构

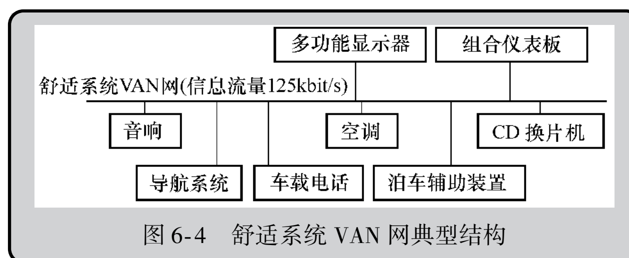


图 6-4　舒适系统 VAN 网典型结构

6-140　VAN 总线的传输介质是什么？

如图 6-5 所示，**VAN 总线的传输介质由两条绝缘的、截面积为 0.6mm^2 的铜线组成，这两条线被称为数据线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$，传输着相反的电平信号。这两条线被绞接在一起，**

呈双绞状，其目的是为了克服电磁信号的干扰，补偿电源波动的影响，同时通过差模运算消除共模干扰。

如图6-6所示，左图中，当受到电磁干扰时，数据线DATA和数据线$\overline{\text{DATA}}$上同时出现干扰信号，但经过右图比较器的“过滤”，这种干扰就被消除了。

图6-5　VAN总线的传输媒介

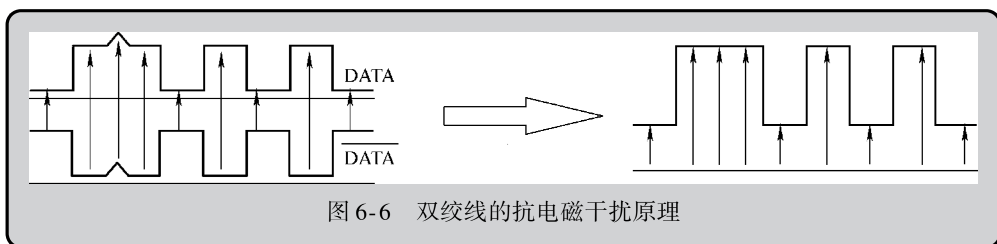


图6-6　双绞线的抗电磁干扰原理

6-141　VAN总线的节点结构是怎样的?

图6-7为**VAN总线的节点（模块）的基本结构，由CPU、协议控制器和线路接口组成。**

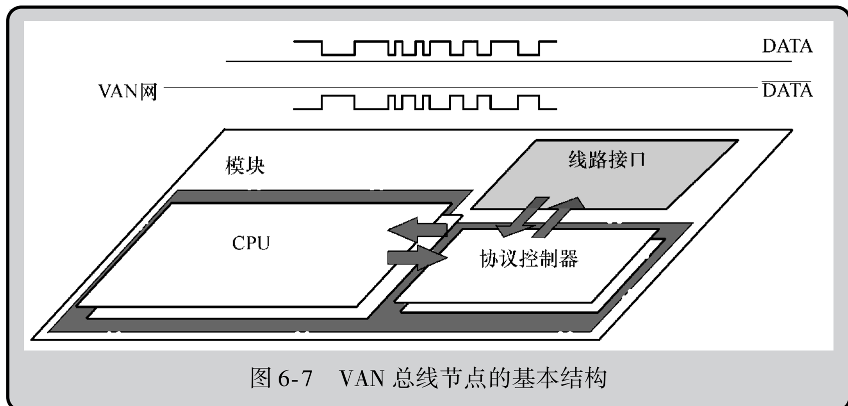


图6-7　VAN总线节点的基本结构

CPU是中央处理单元（Central Process Unit）的缩写，又称微处理器，负责处理、运算节点（模块）内部的所有数据。CPU主要由运算器、控制器、寄存器等构成。

协议控制器负责VAN网输入、输出信息的编码和译码，与CPU的线路接口完成运行任务，在检测到空闲总线时将信息发送到总线上，同时对总线上出现的冲突和错误进行管理。

如图6-8所示，线路接口负责将VAN总线的信号DATA和$\overline{\text{DATA}}$翻译成无干扰的R0、R1、R2信号传入协议控制器，或者相反，将协议控制器的Tx信号翻译成DATA和$\overline{\text{DATA}}$信号传入VAN总线。

如图6-9所示，接收端口由三个比较器（C1、C0、C2）组成，通过运算确保差动信息的正常接收和故障状态的判断。

如图6-10所示，发送端口通过两个晶体管电路，将信号以对称的方式发送到DATA和$\overline{\text{DATA}}$上。

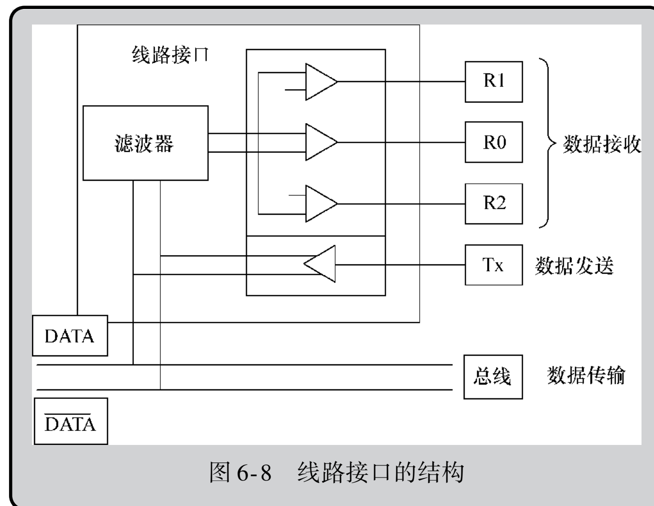


图 6-8　线路接口的结构

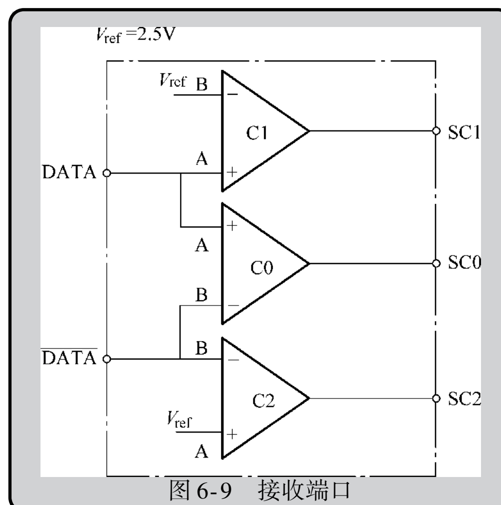


图 6-9　接收端口

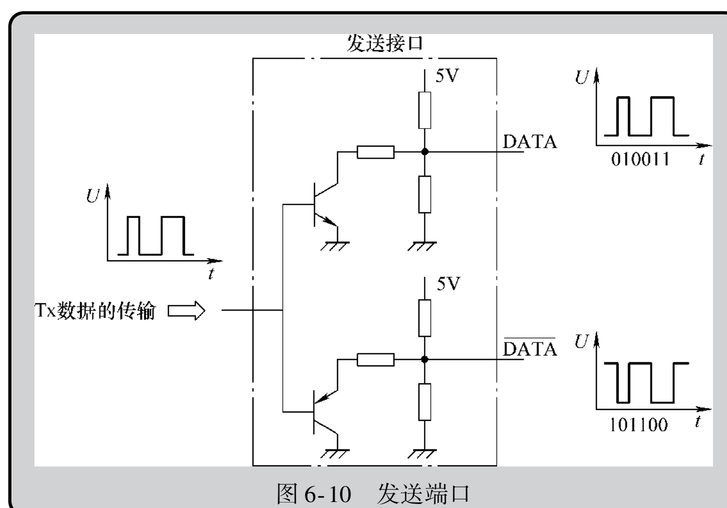


图 6-10　发送端口

6-142　VAN总线的电压信号形式是怎样的?

VAN总线的DATA和$\overline{DATA}$两组信号的电压水平是统一的，其标准波形如图6-11所示。示波器显示的波形如图6-12所示。

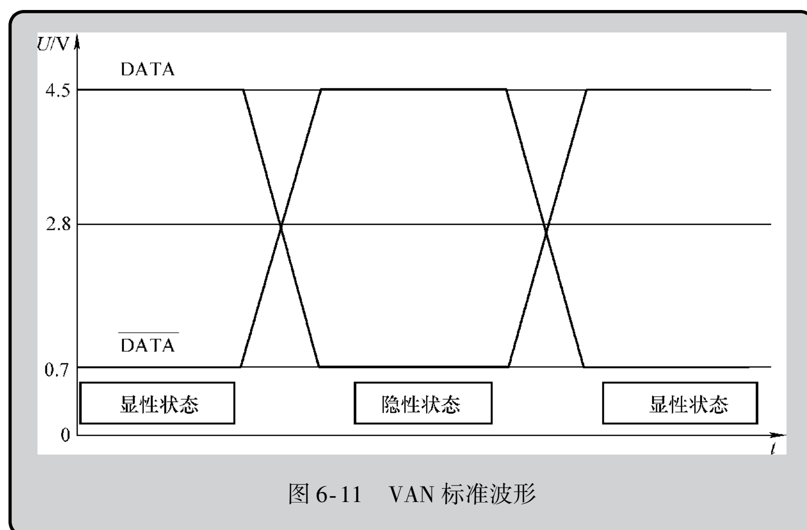


图6-11　VAN标准波形

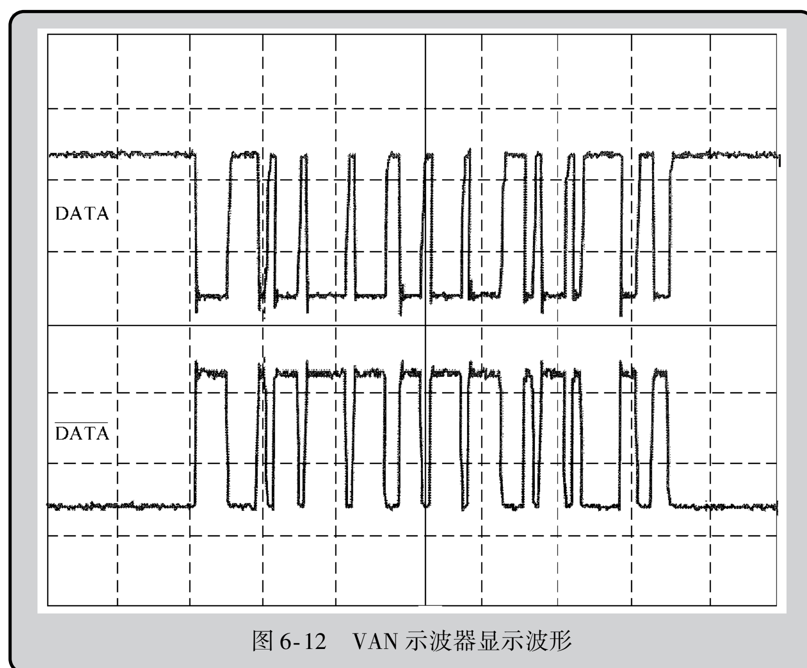


图6-12　VAN示波器显示波形

6-143　VAN总线的帧结构是怎样的?

图6-13为VAN总线电压信号对应的帧，分为8个区域：

1）开始：帧开始（10bit），表示 VAN 总线帧结构的起始。

2）标志符：帧标志域（12bit），标明数据的性质和数据的接收者。

3）命令：命令域（4bit），标明帧的类型（读或写）以及分类传输模式（点对点或点对多）。

4）信息：包含有用的数据信息。

5）控制：控制域（15bit），检验 VAN 帧内容的完整性。

6）数据结束：数据结束指示域（2bit），标示出数据域的结束和校验的结束。

7）校验：接收校验域（2bit），用于存储数据接收者的数据的签收回复。

8）结束：帧结束（8bit），标示出 VAN 帧的结束。

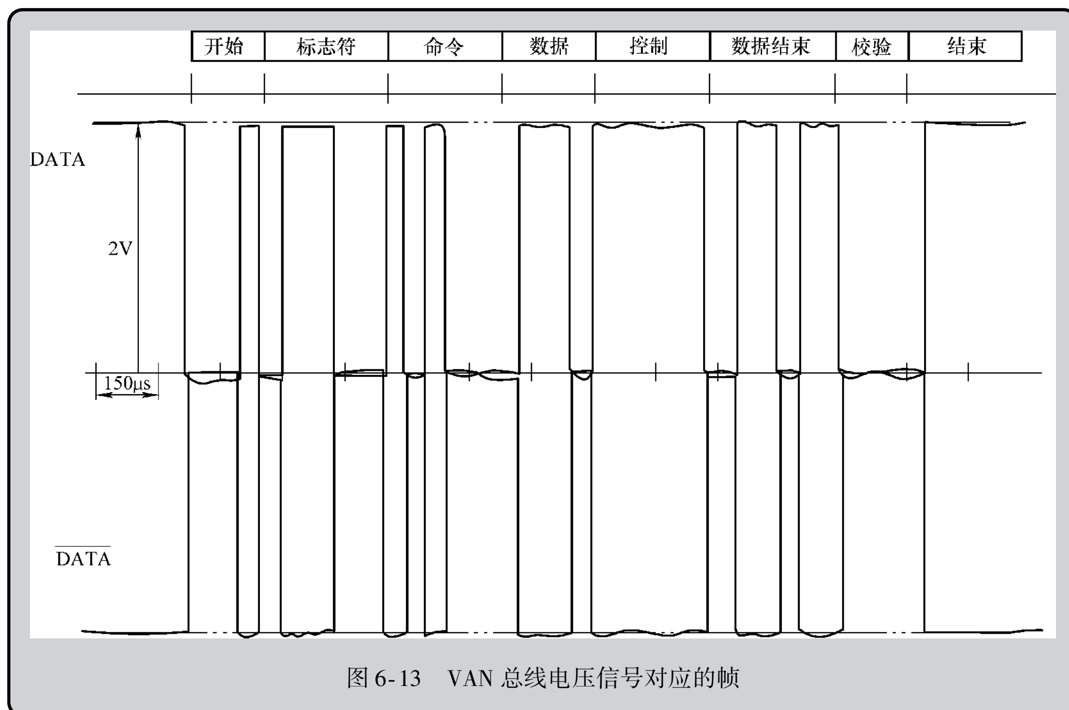


图 6-13　VAN 总线电压信号对应的帧

6-144　VAN 总线的诊断功能如何实现?

VAN 总线具备容错功能，在一定的故障模式下，系统仍然可以用降级模式进行数据的接收和发送。如图6-14所示，**VAN 总线的节点的输入端口采用了三个比较器 C1、C0、C2。图 6-14 为比较器的工作原理，如果 A 口电压大于 B 口电压，比较器输出 SC = 1；如果 B 口电压大于 A 口电压，则比较器输出 SC = 0。**

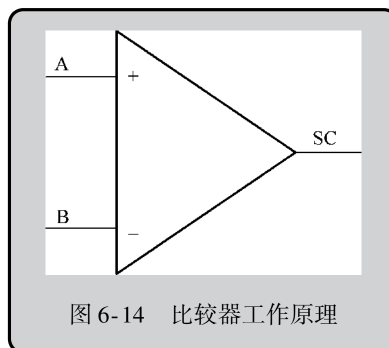


图 6-14　比较器工作原理

如图 6-11 所示，DATA 为 4.5V 或 0.7V，对应的 $\overline{\text{DATA}}$为 4.5V 或 0.7V。

如图 6-15a 所示，V_{ref} = 2.5V。当 DATA 为 4.5V，$\overline{\text{DATA}}$

为0.7V时，比较器C1的A口电压为0.7V，B口电压为2.5V，A>B，SC1=1；比较器C0的A口电压为4.5V，B口电压为0.7V，A>B，SC0=1；比较器C2的A口电压为2.5V，B口电压为0.7V，A>B，SC2=1。

如图6-15b所示，V_{ref}=2.5V。当DATA为4.5V，$\overline{\text{DATA}}$为0.7V时，比较器C1的A口电压为0.7V，B口电压为2.5V，A<B，SC1=0；比较器C0的A口电压为0.7V，B口电压为4.5V，A<B，SC0=0；比较器C2的A口电压为2.5V，B口电压为4.5V，A<B，SC2=0。

由此可见，经过三个比较器的参数比较，当VAN总线正常工作时，SC1=SC0=SC2=1或SC1=SC0=SC2=0。

当出现DATA对地短路故障时，DATA电压为0，比较器C1和C0输出保持为0，比较器C2仍能正常输出信号；同样当出现$\overline{\text{DATA}}$对地短路故障时，$\overline{\text{DATA}}$电压为0，比较器C2和C0输出保持为1，比较器C1仍能正常输出信号。

当出现DATA对正极12V短路故障时，DATA电压为12V，比较器C1和C0输出保持为1，比较器C2仍能正常输出信号；同样当出现$\overline{\text{DATA}}$对正极12V短路故障时，$\overline{\text{DATA}}$电压为12V，比较器C2和C0输出保持为0，比较器C1仍能正常输出信号。

当出现DATA断路故障时，DATA电压为0，比较器C1和C0输出保持为0，比较器C2仍能正常输出信号；同样当出现$\overline{\text{DATA}}$断路故障时，$\overline{\text{DATA}}$电压为0，比较器C2和C0输出保持为1，比较器C1仍能正常输出信号。

但DATA和$\overline{\text{DATA}}$不能互相短路，否则将真正导致VAN总线瘫痪，出现无法正常工作的情况。

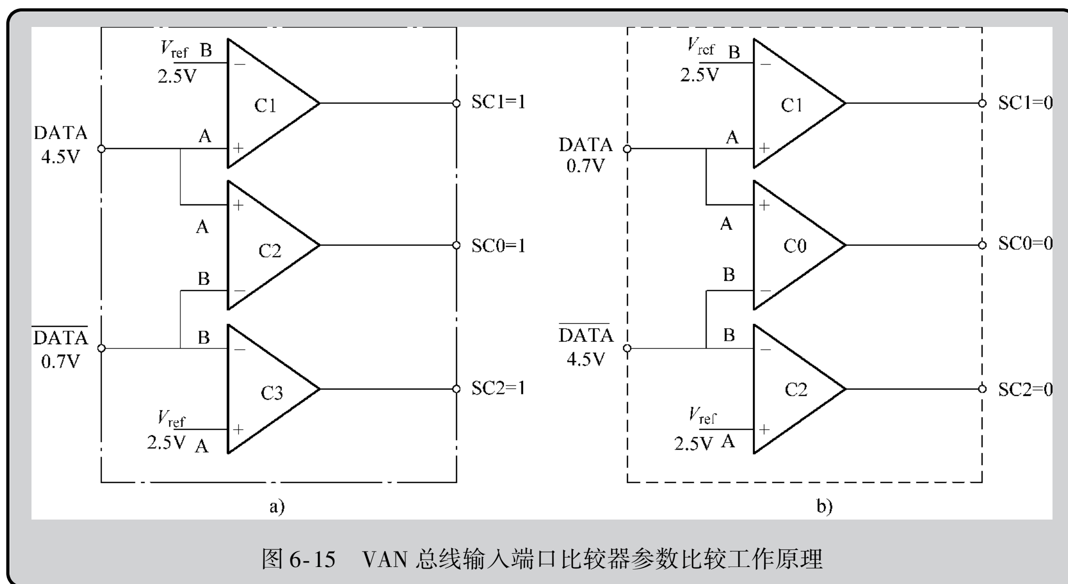


图6-15 VAN总线输入端口比较器参数比较工作原理

6-145 东风雪铁龙毕加索轿车的VAN网是如何组成的？

东风雪铁龙毕加索轿车装有一个CAN网和两个VAN网。两个VAN网分别为：VAN CAR 1网和VAN舒适网。不同的网络由一个中央计算机管理，即为BSI（智能控制盒），它也被称为网关。

如图 6-16 所示，**VAN CAR 1 网是一个安全网，采用主控 – 执行结构，智能控制盒 BSI 是主机，其他计算机（模块）只能响应 BSI 的指令，不能对 BSI 发送指令，其传输速率为 62. 5kbit/s**。VAN CAR 1 网将安全气囊系统、转向盘下转换模块和发动机伺服盒连接起来。发动机伺服盒中集成了车身电器（如前照灯）的控制装置。转向盘下转换模块将驾驶人的操作信息发送给 BSI，BSI 发指令给发动机伺服盒，发动机伺服盒控制车身电器工作。

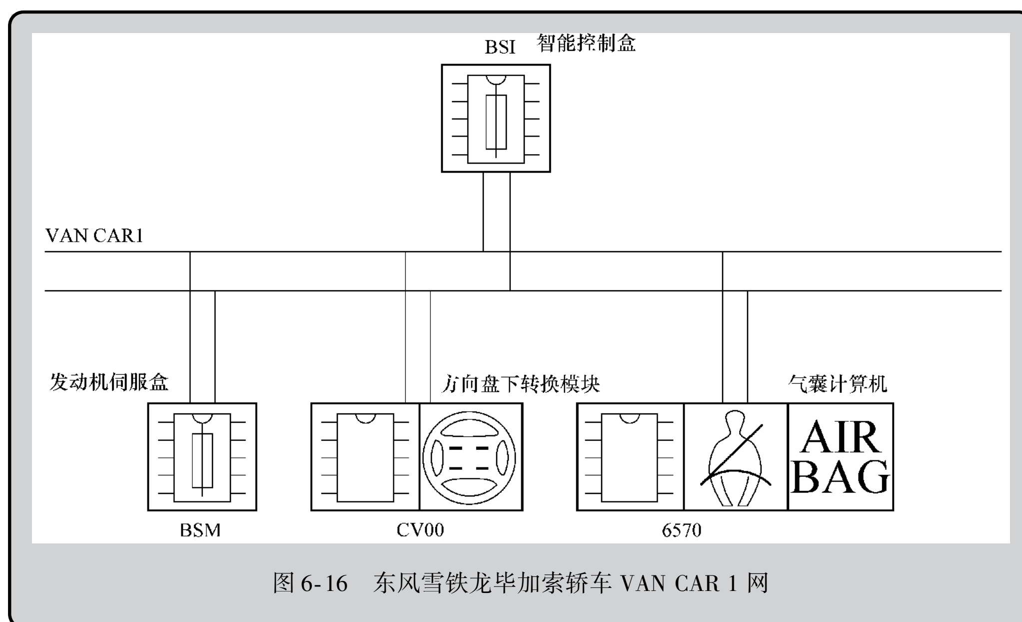


图 6-16　东风雪铁龙毕加索轿车 VAN CAR 1 网

如图 6-17 所示，**VAN 舒适网采用混合结构，智能控制盒 BSI 和收放机是主机，其他计算机（模块）只能响应智能控制盒 BSI 和收放机的指令，不能对智能控制盒 BSI 和收放机发送指令，其传输速率为 125kbit/s**。每个计算机（模块）在 VAN 舒适网上获取它们需要的信息，还能通过 BSI 获取 CAN 网上相关信息（如发动机水温），以通知驾驶人有关车辆的状况。VAN 舒适网将驾驶舱内的各个装备如多功能屏幕、组合仪表、收放机、空调等连接起来，实现了所谓“人/机界面”。

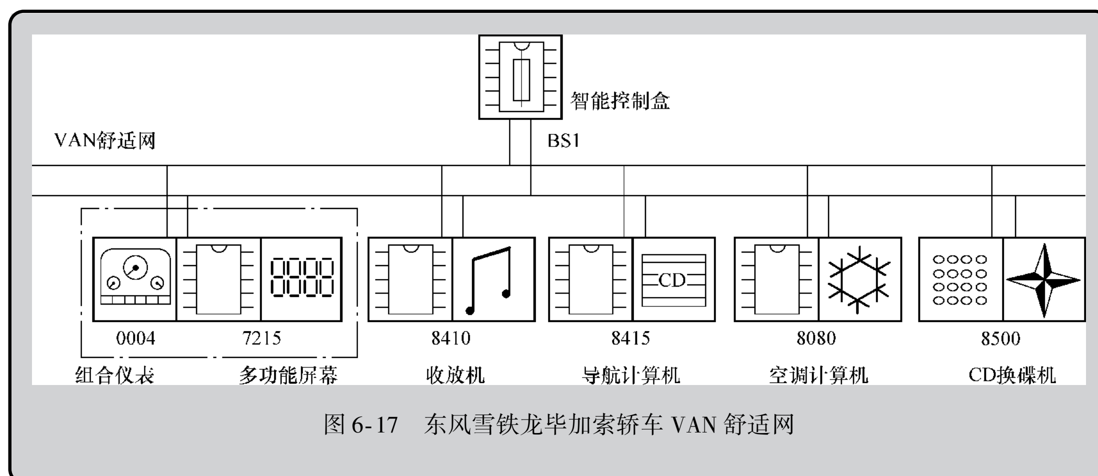


图 6-17　东风雪铁龙毕加索轿车 VAN 舒适网

6-146　东风雪铁龙毕加索轿车的VAN网是怎样供电的?

东风雪铁龙毕加索轿车VAN网的供电状态由四种变量决定:

(1) 基本状态　基本状态即点火开关状态，如图6-18所示，基本状态有四个位置，其供电情况见表6-1。

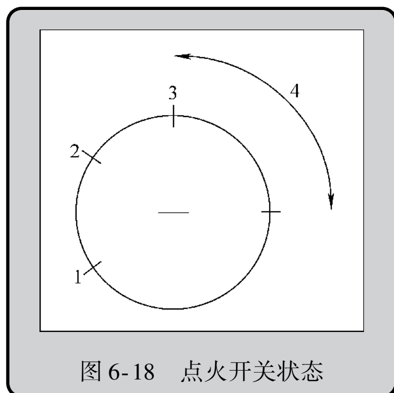


图6-18　点火开关状态

表6-1　点火开关供电情况

开关位置	供电
1	停止位置
2	+ACC
3	+APC但发电机不工作（发动机不运行）
	+APC且发电机工作（发动机运行）
4	发动机起动阶段

注：+ACC表示电源+附件；+APC表示电源+点火。

(2) 消耗模式　消耗模式分为正常模式和经济模式。

当发动机运行、发电机正常工作、蓄电池正常时，耗电模式为正常模式。正常模式下所有的电器功能都可以运行。当发电机运行（发动机运行）信息消失后，正常模式还能持续激活30min。

当车辆停止，发动机不运行（即发电机不运行）且只有蓄电池为电源，正常模式下持续供电30min后，此时的耗电模式进入经济模式。经济模式可以避免在发动机不运行时过量地消耗蓄电池。在经济模式下，无论点火开关在什么位置，非持续供电的电器功能都被关闭，只有持续供电的电器功能和某些锁定指令可以运行。持续功能可以保证用户不干预的情况下的服务。

经济模式下可以使用的持续功能有：危险警告灯、报警器、中控锁。

经济模式下可运行的锁定指令的持续功能有：喇叭、转向灯、超车灯。

表6-2为正常模式转为经济模式的转换条件，表6-3为经济模式转为正常模式的转换条件。

表6-2　正常模式转为经济模式的转换条件

转到经济模式的条件	
点火开关位置	描述
停止或钥匙已拔出	30min延时只在网络唤醒功能或保持功能激活的时候倒计时
+ACC或+APC	30min延时的倒计时与网络唤醒功能或保持功能是否激活无关

表6-3　经济模式转为正常模式的转换条件

车辆设置	转换条件
用户模式	只要发电机运行（发动机运行）信息出现
工厂模式	可用诊断仪激活一段特定的时间或由操作者中断
	当给BSI的发动机运行信息出现时 发动机运行信息一消失则返回经济模式

为了减少发动机不运行时模块的电消耗，对模块和 VAN 网的供电采用了休眠策略和唤醒策略。休眠策略是首先使 VAN 网休眠，其次使智能控制盒 BSI 休眠。VAN 网从唤醒到休眠的工作过程可分为七个阶段：

1）网络和 BSI 都是唤醒的。

2）网络保持和唤醒的全部条件都消失且什么都没有探测到，对于用户模式 BSI 进行 60s 的延时倒计时，对于工厂模式为 2s。

3）只要网络保持条件不存在就进行延时倒计时，一旦保持条件或唤醒条件出现则延时被重置，如果到延时结束时未探测到任何条件，BSI 通过信息提醒模块在 5s 后进入休眠。

4）接收到该信息后，所有模块保存内存中的数据 5s 后，如果没有探测到网络保持或唤醒条件，BSI 切断 VAN 网的供电（+VAN）。

5）网络处于休眠状态，BSI 在转为休眠状态前重新进行延时，对于用户模式为 60s，工厂模式为 15s。

6）只要 BSI 的保持条件不存在该延时就进行倒计时，一旦出现 BSI 保持条件或唤醒条件，该延时被重置。

7）在延时结束后，BSI 和网络都处于休眠状态。

对于以下条件，VAN 网（CAR 1 网和舒适网）被保持，采用 30min 延时的倒计时：位置灯点亮或超车灯打开；转向盘下转换开关模块中的灯光未关报警和钥匙未取报警；喇叭启动；钥匙在 +APC、+ACC 位置；诊断功能打开；多功能屏幕；危险警告灯启动；顶灯点亮，行李箱照明灯点亮。

当 VAN 网（CAR 1 网和舒适网）处于休眠状态时，VAN 网不运行，每个模块都监控可能引起网络恢复运行的外部现象。当探测到唤醒现象时，相应的模块在$\overline{DATA}$数据线消耗电流。该电流被 BSI 探测到。BSI 控制继电器给 VAN 网的所有模块提供 +VAN 电源。当网络唤醒后，模块以 +VAN 供电而 DATA 和$\overline{DATA}$通道又开始正常通信。要注意的是，VAN CAR 1 网或 VAN 舒适网的所有指令都可以导致 VAN CAR 1 网和 VAN 舒适网的唤醒。

当$\overline{DATA}$和接地之间短路，$\overline{DATA}$上的信息被 BSI 理解为网络唤醒指令。在休眠尝试或唤醒尝试失败 6 次后，BSI 强制网络休眠。+VAN 与 +APC 一起出现和消失。

（3）卸载级别　卸载主要是为了禁止某些大功能电器的延时运行。卸载只在发电机和发动机运行时才可以。在发动机运行的时候，电负荷的过量不平衡会导致某些正在运行中的大功率电器的卸载（临时禁止其运行）。卸载的策略是不管正在运行的电器而保证蓄电池的正极能量负荷。该运行模式被认为是一种降级模式。表 6-4 三个卸载级别。

表 6-4　卸载级别

卸载级别	功能
1	如果后风窗加热运行时间超过 6min 则切断
2	空调鼓风机
3	压缩机

（4）车辆的设置状态　车辆的设置状态分为用户模式、工厂模式、库存模式和展厅模式。

用户模式是车辆交付给用户的运行模式，可用诊断仪设置。

工厂模式只用于车辆的制造过程，该模式可进行测试及降级蓄电池的消耗。工厂模式通

过默认经济模式来降低能耗。通过诊断仪设置可以使工厂模式返回用户模式。当车辆里程表显示超过250km后，将强制转为用户模式。

库存模式只用于车辆的仓储过程。它使某些持续供电的电器不再供电，并限制了能量消耗以保证车辆的起动。持续供电的熔丝SH被拔掉而用合适的且只在+APC时才供电的熔丝代替。库存模式可以运行门锁和行李箱锁，以进入车辆。

在展厅模式下，车辆由外部电源供电且不需要点火开关钥匙。通过安装一根专用的展厅线束，可以获得发动机运行时的正常功能（鼓风机、空调显示等）。此时经济模式被关闭，网络保持唤醒，车辆可以无时间限制地正常运行。

6-147　东风雪铁龙毕加索VAN网中的智能控制盒BSI有哪些功能?

图6-19为**东风雪铁龙毕加索轿车的智能控制盒BSI，它具备以下功能：各个多路传输网络之间的并行功能；线束连接和多路传输网络连接之间的并行功能；诊断功能；获取来自传感器的信息；对连接在BSI上的元器件的电源分配与保护**。东风雪铁龙毕加索轿车智能控制盒BSI的详细功能见表6-5。



图6-19　智能控制盒BSI

表6-5　东风雪铁龙毕加索轿车智能控制盒BSI的详细功能

类别	运行原理	详细功能
多路传输结构	供电	网络的休眠与唤醒 电网的加载与卸载 自动切断耗电功能（经济模式） 电源分配
	多路传输结构	多路传输网之间的并行 传感器与网络之间的并行
照明–信号	内部照明	顶灯的渐进点亮/熄灭与延时
	外部照明/信号	发生碰撞时危险警告灯自动点亮（安全气囊启爆） 寻车功能
驾驶辅助	刮水器/清洗	前、后刮水器的间歇模式按车速调节 若前刮水器工作则挂倒档时后刮水器自动运行
	后视镜	电动后视镜 后视镜除霜
	除霜	加热后风窗的卸载 后视镜与加热后风窗的联动
	超速控制	根据驾驶人设定的警告界限进行超速警告管理

（续）

类别	运行原理	详细功能
驾驶人信息	组合仪表	公里数记录（在组合仪表和 BSI 中） 座舱装备的亮度调节 “夜晚驾驶”模式 自动变速器车辆的档位显示 公里与英里的选择 保养提示器
	多功能屏幕	根据车辆状态提供提示与警告信息
舒适装备	空调	制冷压缩机的起动指令 制冷压缩机的控制 蒸发器结霜安全 制冷压力安全 发动机转速安全 发动机水温信息传输
	电动车窗	防夹电动车窗 用遥控器中控关闭
	音响系统	收放机中 VIN 码的验证 收放机音量随车速调节 传输音响系统的信息用于在显示屏上的显示
防盗	开启件管理	用钥匙或遥控器锁定与解锁 满足某些条件时 30s 后自动再锁定且转向灯亮 2s 行驶时行李箱自动锁定 10km/h 以上开启件自动锁定，由驾驶人控制 车门开启探测 碰撞时解锁
	防起动	ADC2 系统 点火钥匙识别 发动机计算机解锁
防护与安全	安全气囊	碰撞时切断燃油泵电源 碰撞时解锁车辆并点亮危险警告灯
动力系统	制冷	发动机水温警告

6-148　东风雪铁龙毕加索 VAN 网中的发动机伺服盒 BSM 有哪些功能?

东风雪铁龙毕加索 VAN 网中的发动机伺服盒 BSM 的主要功能是通过继电器、熔丝给各个元器件提供电源和保护。如图 6-20 所示，发动机伺服盒 BSM 由相连的两个模块组成，模块 1 是大电流熔丝集成模块；模块 2 是小电流熔丝和继电器集成模块。

模块 1 与蓄电池正极电缆连接，经大电流熔丝为主线束上的电器元件提供 12V 电源与保护，同时为模块 2 提供 12V 电源。

表 6-6 为模块 1 大电流熔丝的功能。

模块 2 具备以下功能：

① 有关电器元件的电源的分配与保护；

② 以被动模式通过 VAN CAR 1 网与智能控制盒 BSI 通信；

③ 保证车辆发生碰撞时（安全气囊起爆时）切断燃油泵的电源；

④ 保证发动机模块和某些执行器在点火开关断开后维持供电；

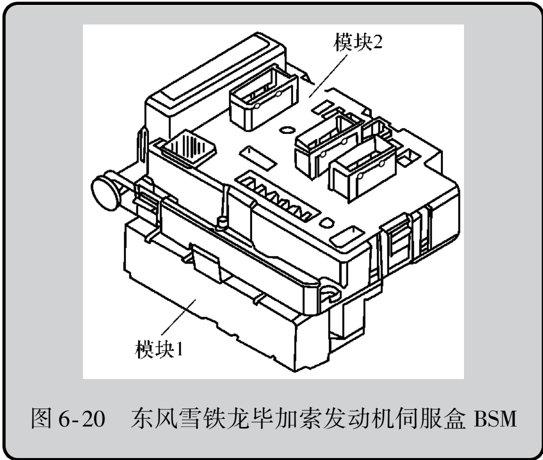


图 6-20　东风雪铁龙毕加索发动机伺服盒 BSM

表 6-6　模块 1 大电流熔丝的功能

标志	说　明
MF1	冷却风扇电源
MF2	车轮防抱死计算机（ABS）电源
MF3	车轮防抱死计算机（ABS）或稳定性动态控制计算机（ESP）电源
MF4	BSI 电源
MF5	BSI 电源
MF6	辅助加热器电源
MF7	点火开关电源
MF8	空调鼓风机电源

⑤ 通过 VAN 舒适网根据 BSI 的指令对空调鼓风机供电；

⑥ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对喇叭供电；

⑦ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对近光灯供电；

⑧ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对远光灯供电；

⑨ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对前雾灯供电；

⑩ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对前部清洗供电；

⑪ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对后部清洗供电；

⑫ 通过 VAN CAR 1 网根据 BSI 的指令对前刮水器供电。

图 6-21 为模块 2 的示意图，EP1（黑色）为接主线束的 10 通道电气插接器，其各通道功能见表 6-7；PM1（黑色）接发动机线束的 16 通道功率插接器，其各通道功能见表 6-8；PP1（绿色）和 PP2（灰色）均为接主线束的 16 通道功率插接器，其各通道功能见表 6-9、表 6-10；BAT（黑色）为接蓄电池电缆的 2 通道供电插接器，其各通道功能见表 6-11。

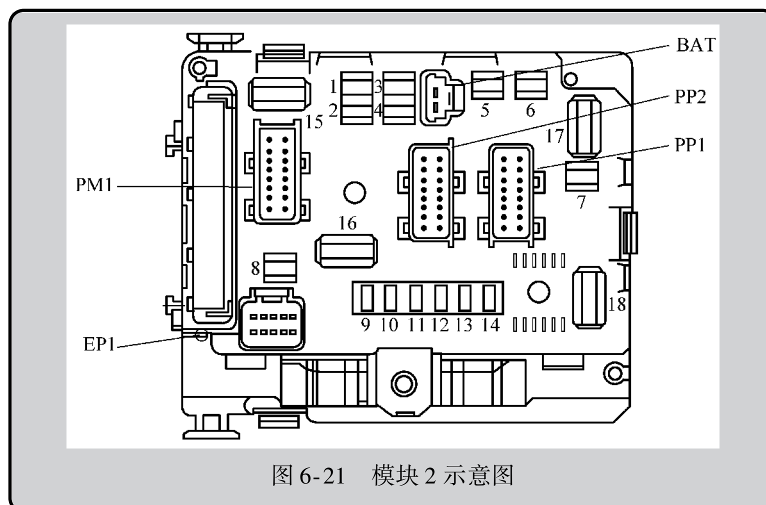


图 6-21　模块 2 示意图

表 6-7　EP1 插接器各通道功能

通道	说　明	通道	说　明
1	VAN CAR 1 信号	6	
2	车速传感器输出	7	
3	接地	8	
4	机油温度信息输出	9	+ VAN CAR 1
5	VAN CAR 1 信号（$\overline{\text{DATA}}$）	10	发动机机油液面输出

表 6-8　PM1 插接器各通道功能

通道	说　明	通道	说　明
1	氧传感器电源	9	点火线圈供电输出
2	倒车灯电源	10	电磁阀供电输出
3	发动机计算机功率继电器控制指令输入	11	机油压力信息输入
4	机油温度信息输入	12	柴油含水信息输入
5	接地	13	延时继电器控制
6	发动机机油液面输入	14	车速传感器输入
7	空调压缩机供电输出	15	发动机计算机内存供电
8	延时继电器输出	16	喷油器控制输出

表 6-9　PP1 插接器各通道功能

通道	说　明	通道	说　明
1	前刮水器低速输出	9	前刮水器高速输出
2		10	前雾灯输出
3		11	后部清洗输出
4	前刮水器继电器控制输入	12	发动机计算机 + APC 电源输出
5		13	接地
6		14	前清洗输出
7	喇叭输出	15	喇叭输出
8	空调鼓风机输出	16	空调鼓风机输出

表 6-10　PP2 插接器各通道功能

通道	说　　明	通道	说　　明
1	电源 + 起动机输入	9	+ APC 输入
2	发电机励磁输入/输出	10	+ APC 输出
3	车轮防抱死计算机（ABS）的 + APC 电源输出	11	燃油泵输出
		12	碳罐电磁阀输出
4	自动变速器计算机的 + APC 电源输出	13	制冷压缩机供电输入
5	接地	14	延时继电器输出
6	右远光灯输出	15	左近光灯输出
7	左远光灯输出	16	鼓风机输出
8	右近光灯输出		

表 6-11　BAT 插接器各通道功能

通道	说　　明
1	电源 + 起动机输出
2	发电机励磁输入/输出

表 6-12 为模块 2 小电流熔丝的功能。

6-149　如何用 PROXIA3 诊断仪对东风雪铁龙毕加索 VAN 网进行诊断?

PROXIA3 是东风雪铁龙专用诊断仪，主要功能有：汽车电子装备的诊断；通过 CDROM 或通过 Internet 对汽车上的模块进行软件更新；手工设置、引导式手工设置或通过 Internet 设置汽车上的模块；安装及拆除某些车载网络系统模块；查询和打印汽车电路图；汽车行驶时的运行分析；远程援助；汽车故障诊断工艺；物理测量等。

启动 PROXIA3 诊断仪后，如图 6-22 所示，单击上面第一个按钮，进入诊断仪主界面（见图 6-23）。单击“诊断”选项，按要求输入 OPR 码（对应车辆的生产日期可在车辆铭牌上找到）并按回车键确认（见图 6-24），诊断仪显示提示将其与车辆诊断插头进行连接（在左侧仪表台下方，见图 6-25），并打开点火开关，连接正确后按“*”确认，进入 VAN 网整体诊断，各模块依次进行诊断（见图 6-26）。

表 6-12　模块 2 小电流熔丝的功能

熔丝标志	功能说明	规格/A
F1	倒车灯	10
F2	燃油泵供电	15
F3	车轮防抱死计算机（ABS）电源	10
F4	自动变速器计算机电源 发动机计算机电源	10
F5		
F6	前雾灯	15
F7		
F8	发动机计算机主继电器	20

（续）

熔丝标志	功能说明	规格/A
F9	左近光灯	15
F10	右近光灯	15
F11	左远光灯	10
F12	右远光灯	10
F13	喇叭	15
F14	前、后清洗泵	10
F15	发动机计算机的执行器；氧传感器加热；喷油器电源；点火线圈电源；碳罐电磁阀电源	30
F16	气泵电源	30
F17	前刮水器	30
F18	空调鼓风机	40

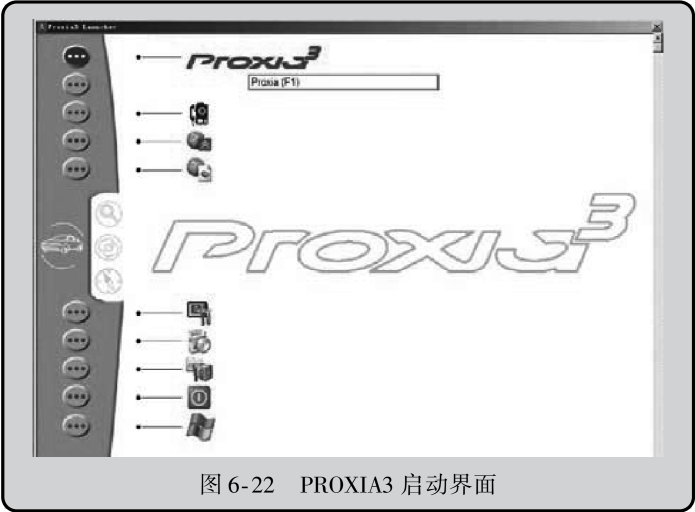


图 6-22　PROXIA3 启动界面

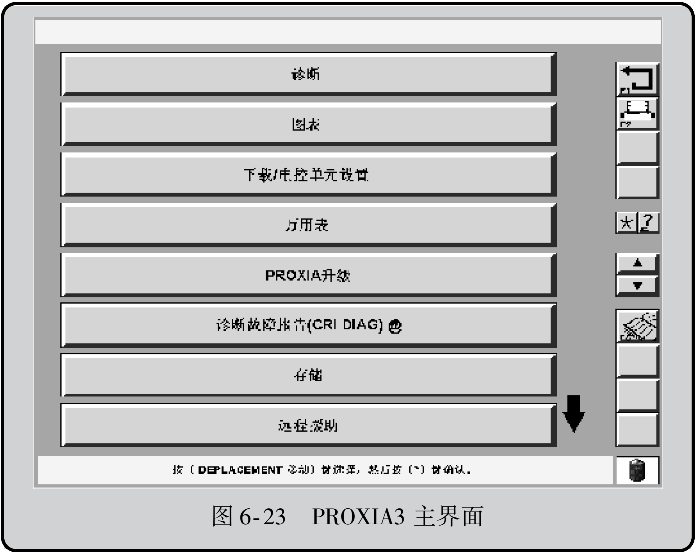


图 6-23　PROXIA3 主界面



图 6-24　OPR 码的输入

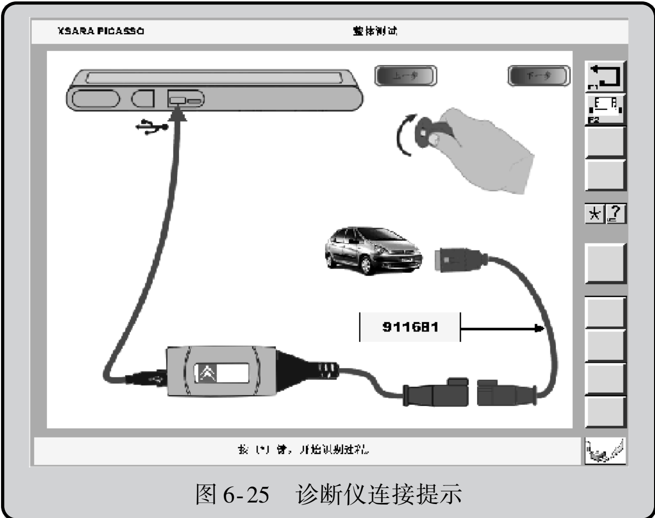


图 6-25　诊断仪连接提示



图 6-26　进入 VAN 网诊断

整体诊断结束后，显示界面如图 6-27 所示，“对话”列表示 VAN 网与个模块的通信情况，“是”表示通信正常，“否”表示无法通信；“故障”列表示各模块是否有故障，“是”表示存在故障，“否”表示正常，“???”表示模块有响应但诊断仪无法识别，“－－－”表示模块在故障时无法与 VAN 网通信。



图 6-27　VAN 网诊断结束

此时可进入各个 VAN 网模块进一步操作，以智能控制盒为例，如图 6-28 所示，出现识别、故障读取、故障日报、故障删除、参数测量、执行机构测试等选项。识别选项提供该模块的信息以及所装车辆的信息等；故障读取选项用来读取模块的故障码；故障日报选项则是提供了故障码的出现历史；故障删除选项用来在故障修复后清除故障码；参数测量选项用于该模块管理的各种功能的相关信息；执行机构测试用于该模块管理的各种功能的执行测试。此外，智能控制盒 BSI 还有保养周期提示设置、控制单元设置等功能选项。

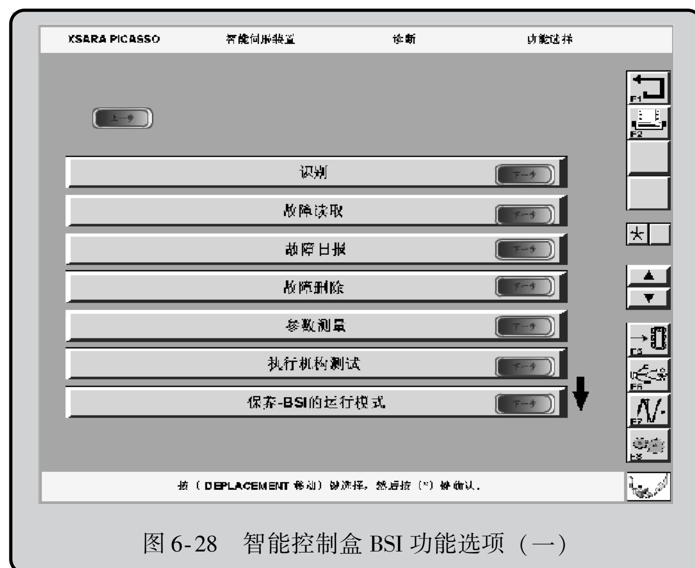


图 6-28　智能控制盒 BSI 功能选项（一）

6-150　如何用 PROXIA3 诊断仪对东风雪铁龙毕加索智能控制盒 BSI 进行设置?

进入如图 6-28 所示界面，菜单下拉后可见“控制单元设置”选项（见图 6-29）。

选择该选项后，诊断仪要求选择加注方式，选择“手工加注”“无提示人工对码”（见图 6-30、图 6-31）。

如图 6-32 所示，共有四个设置选项：用户选装、配置、计算机联通和底盘号。

选择“用户选装”选项，诊断仪会显示智能控制盒 BSI 用户选装功能清单，如图 6-33 所示，可根据车辆选装项目进行修改，“不在”或“否”表示没有此项功能，“存在”或“是”表示有这项功能。

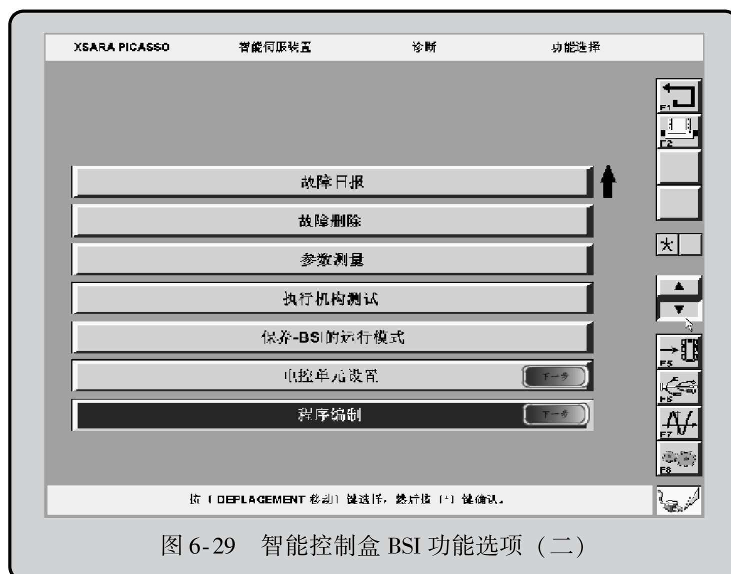


图 6-29　智能控制盒 BSI 功能选项（二）

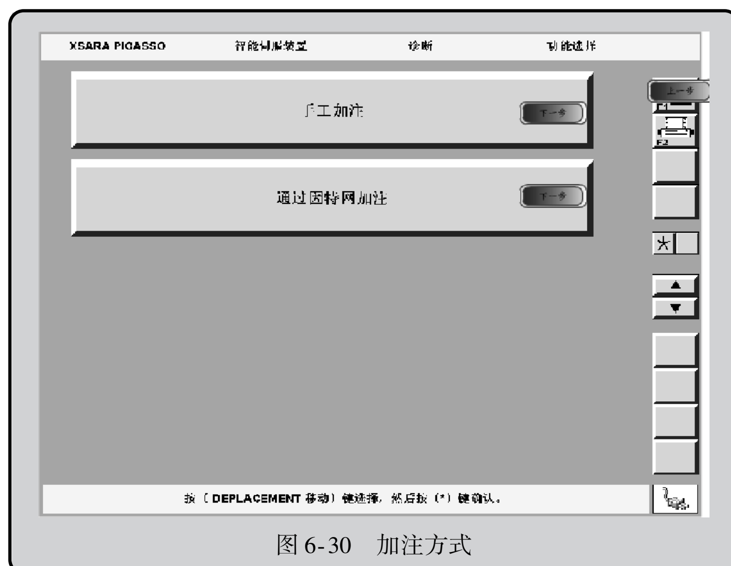


图 6-30　加注方式

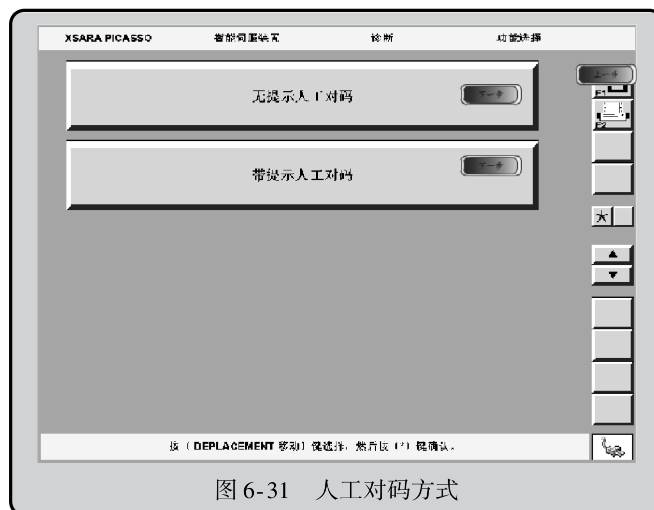


图 6-31　人工对码方式

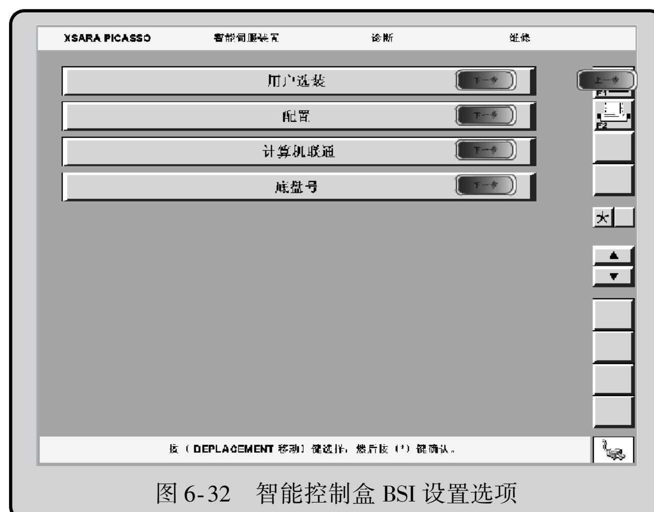


图 6-32　智能控制盒 BSI 设置选项

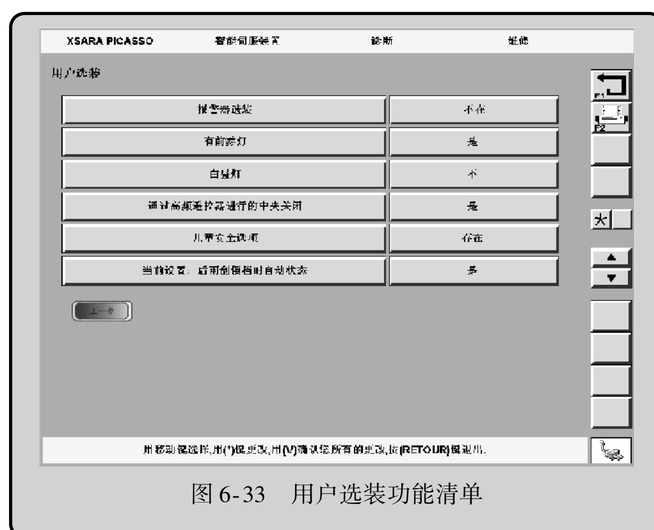


图 6-33　用户选装功能清单

选择“配置”选项，诊断仪会显示智能控制盒 BSI 所有配置选项，不同的车型拥有不同的配置，可根据实际情况对各个配置选项作出修改（见图 6-34），“不在”或“否”表示没有此项功能，“存在”或“是”表示有这项功能。如图 6-35 所示，在配置选项修改完毕后，需按“F5”键确认修改，诊断仪会进入图 6-36 所示界面，输入东风雪铁龙提供的售后代码，确认后，如图 6-37 所示，智能控制盒 BSI 配置设置完毕。



图 6-34　智能控制盒 BSI 配置选项清单



图 6-35　确认 BSI 配置修改

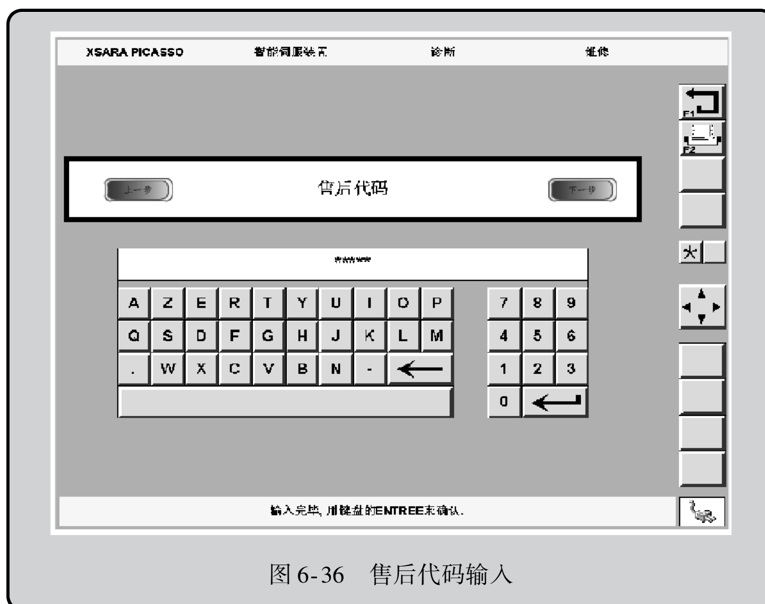


图 6-36　售后代码输入



图 6-37　BSI 配置设置完毕

选择“计算机联通”选项，诊断仪先出现一个提示（见图 6-38），按确认键后，诊断仪会显示当前 VAN 网上所有模块联通情况（见图 6-39），“×”选项表示 VAN 网联通这个模块，否则表示未联通。可根据实际情况进行修改，修改完毕后同样需按“F5”键确认修改，诊断仪会进入如图 6-36 所示界面，输入东风雪铁龙提供的售后代码，确认后 VAN 网模块联通完成。

选择“底盘号”，诊断仪显示当前智能控制盒 BSI 所装车辆底盘号（见图 6-40），要求按提示底盘号输入两次进行确认（见图 6-41）。之后同样需要输入东风雪铁龙提供的售后代码，确认后，如图 6-42 所示，设置完成。

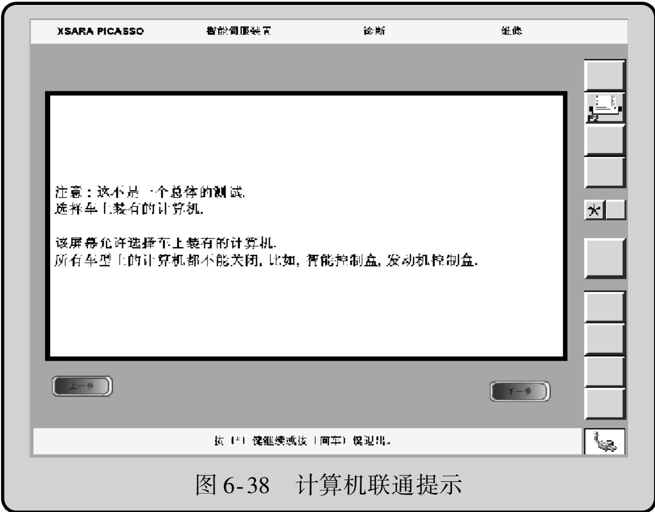


图 6-38　计算机联通提示



图 6-39　当前 VAN 网模块联通情况



图 6-40　当前智能控制盒 BSI 所装车辆底盘号



图6-41　按提示底盘号输入两次进行确认



图6-42　底盘号设置完成

至此，东风雪铁龙毕加索智能控制盒BSI设置全部完成。

6-151　如何更换东风雪铁龙毕加索智能控制盒BSI?

关闭点火开关数分钟后，断开蓄电池正极电缆，拆除旧的智能控制盒，安装新的智能控制盒，再安装蓄电池正极电缆。按问答6-149中的操作步骤进入如图6-28所示界面，菜单下拉后可见“程序编制”选项（见图6-29）。

选择该选项后，如图6-43所示，选择“BSI对码”选项，出现BSI对码提示（见图6-44）。

如图6-45～图6-48所示，BSI对码第一阶段是核对客户密码，按照提示将客户密码卡上的密码输入并确认无误。

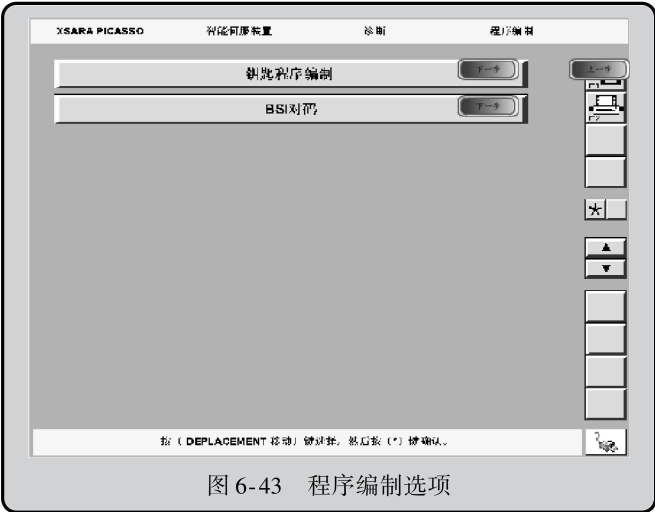


图 6-43　程序编制选项

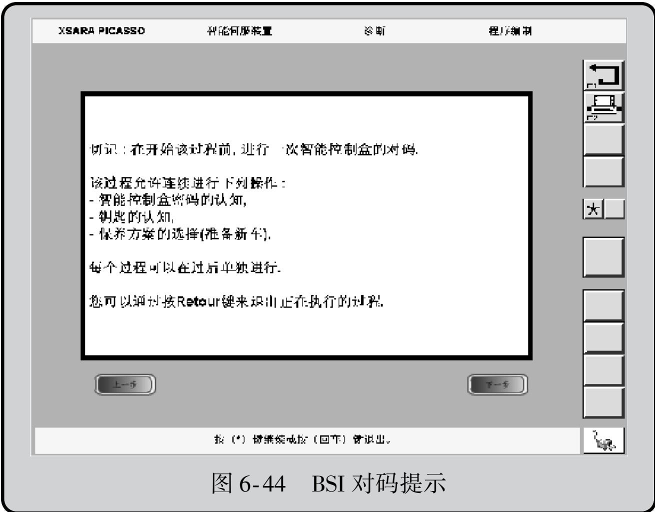


图 6-44　BSI 对码提示



图 6-45　第一阶段

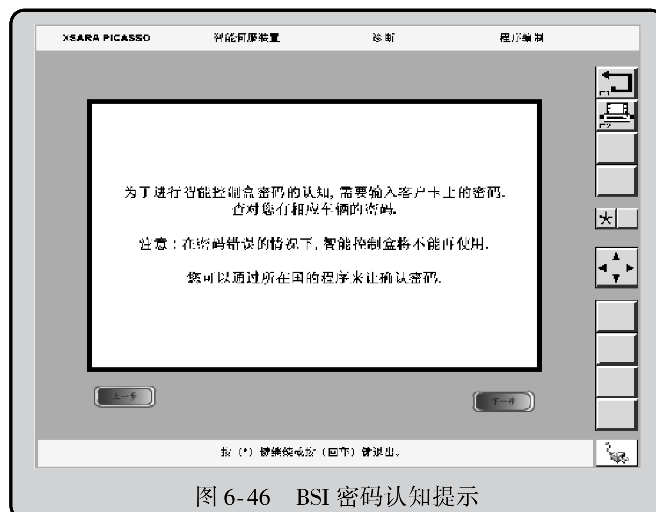


图 6-46　BSI 密码认知提示



图 6-47　输入密码



图 6-48　密码确认

第二阶段是钥匙的认知。按照如图 6-49 ~ 图 6-55 的提示匹配钥匙和遥控器。



图 6-49　第二阶段



图 6-50　输入要认知的钥匙数量



图 6-51　打开点火开关



图 6-52　关闭点火开关



图 6-53　钥匙匹配成功

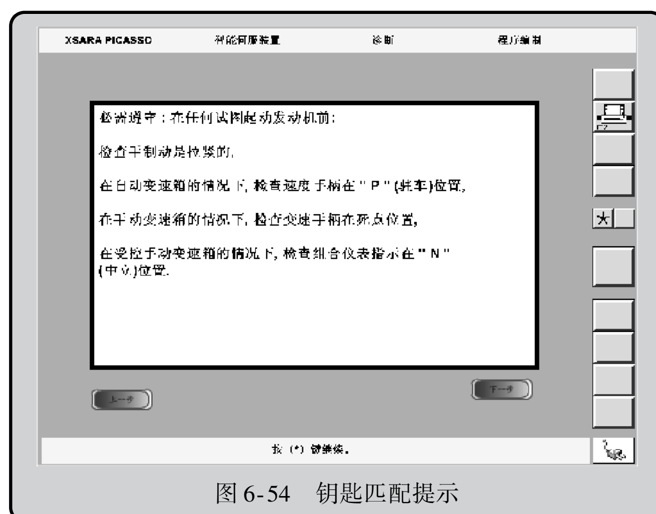


图 6-54　钥匙匹配提示

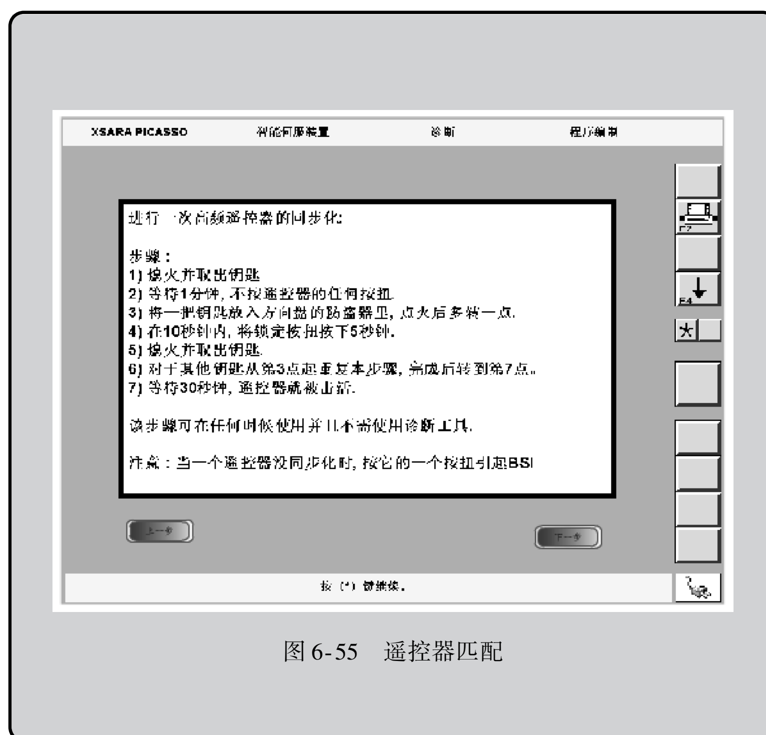


图 6-55 遥控器匹配

第三阶段是保养方案的选择，按照如图 6-56 ~ 图 6-59 的提示选择合适的保养里程间隔等保养方案，决定保养自动提示出现的条件。



图 6-56 第三阶段

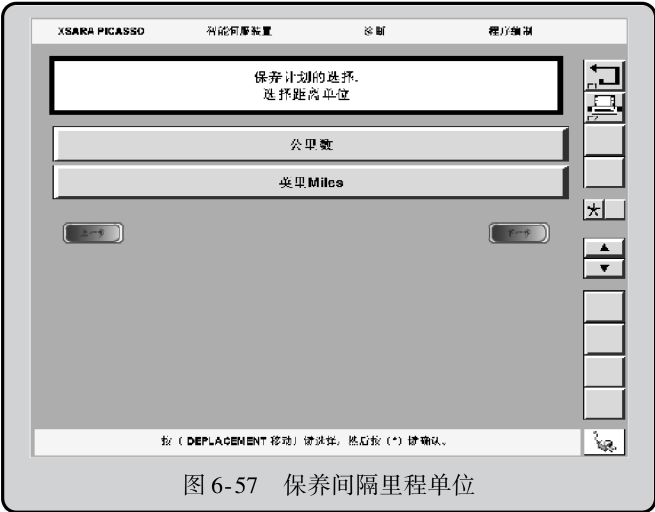


图 6-57　保养间隔里程单位



图 6-58　保养周期的选择

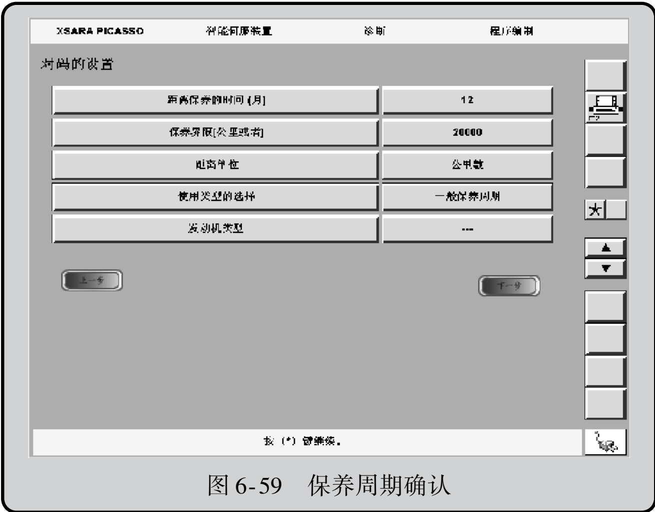


图 6-59　保养周期确认

如图6-60所示，BSI对码完成。接下来，值得注意的是还需对BSI进行控制单元设置，方可最终完成智能控制盒BSI的更换。



图6-60　BSI对码完成

6-152　更换或维修东风雪铁龙毕加索VAN网内的模块需使用诊断仪进行哪些操作?

表6-13为更换或维修东风雪铁龙毕加索VAN网模块需使用诊断仪进行的操作项目。

表6-13　更换或维修东风雪铁龙毕加索VAN网模块需使用诊断仪进行的操作项目

模块	诊断仪的操作项目			
	车上拆装	更换新模块	增/减	两车互换
收放机	无	对收放机内用户选装信息对码	BSI+多功能屏幕对码	收放机内的VIN对码
CD机（附件）	无	无	BSI+多功能屏幕对码	BSI＋多功能屏幕对码
BSI	无	钥匙及密码初始化 根据附件选装状态对BSI对码	不可能	禁止互换，BSI的VIN号是不可变的
组合仪表/多功能屏幕	无	根据附件选装状态对多功能屏幕对码	不可能	禁止互换进行故障诊断，组合仪表内储存有里程数，互换会导致里程数发生变化
自动空调	无	无	不可能	无
附件警告器	无	无	BSI对码	BSI对码
驾驶辅助（卫星导航）	无	无	不可能	不可能

6-153　东风雪铁龙毕加索智能控制盒 BSI 所能诊断的 VAN 网故障有哪些?

东风雪铁龙毕加索智能控制盒 BSI 所能诊断的 VAN 网故障有：

① 除霜——指示灯输出短路接地；
② 照明——后转向指示灯故障；
③ 照明——左转向指示灯故障；
④ 发动机控制单元——网络信息错误；
⑤ 发动机控制单元——接收故障；
⑥ 发动机控制单元——继电器短路接地；
⑦ 发动机控制单元——或欧洲车载诊断系统（EOBD）故障；
⑧ 求救灯——输入（请求）锁定为 1；
⑨ 求救灯——按钮短路接地；
⑩ 最小油量——短路至蓄电池正极；
⑪ 遥控器电池耗尽；
⑫ EEPROM 问题；
⑬ 发动机转速问题；
⑭ 锁定门锁——点火钥匙持续请求；
⑮ 门锁解除——点火钥匙持续请求；
⑯ 警告喇叭问题；
⑰ 蒸发器探头——短路；
⑱ 发动机水温问题；
⑲ 发射应答器——环套连接短路；
⑳ 发射接收器——识别问题；
㉑ VAN 维护——BSI 失效；
㉒ VAN 维护——空调失效；
㉓ VAN 维护——DATA 上的通信问题；
㉔ VAN 维护——$\overline{\text{DATA}}$上的通信问题；
㉕ VAN 维护——多功能屏幕失效；
㉖ VAN——$\overline{\text{DATA}}$短路引起网络禁用；
㉗ 车速——数值无效或传感器连接问题；
㉘“系统状态”指示灯——短路接 + 蓄电池；
㉙ VAN 维护——DATA 记录器通信故障；
㉚ VAN 维护——$\overline{\text{DATA}}$记录器通信故障；
㉛ VAN 维护——记录器经纬未发送，BSI 失效；
㉜ VAN 维护——组合仪表记录器失效；
㉝ VAN 维护——多功能屏幕记录器失效；
㉞ VAN 维护——空调记录器失效。

6-154 什么是MPX?

丰田车系采用了一种丰田自己研发的车载网络系统，称为多路通信系统（Multiplex Communication System），其缩写为MPX（见图6-61），即把许多不同的ECU连接到单一通信线路（总线）上，并且数据（信息）通过总线在ECU之间相互传输的系统。

早期MPX采用的通信协议有：CAN、AVC－LAN（音频/视频通信局域网）和BEAN（车身电气区域网络），新的MPX则采用CAN、LIN和AVC－LAN，即用LIN取代了BEAN。

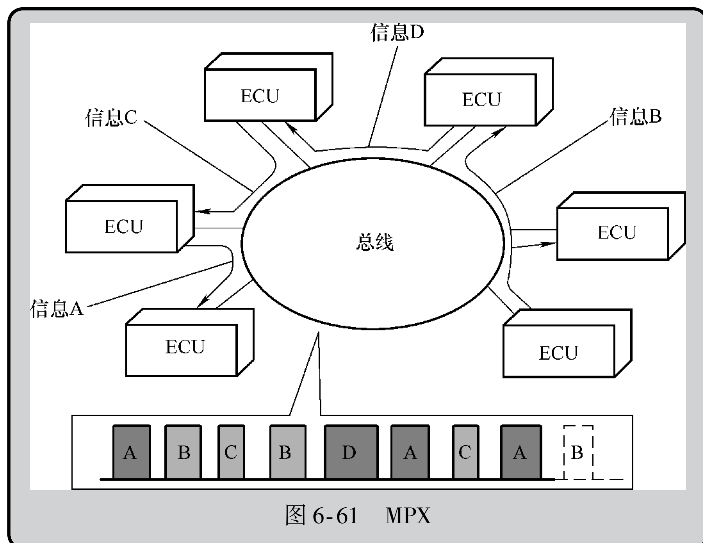


图6-61 MPX

如图6-62所示，与传统的并行通信相比，MPX有以下的优点：利用串行通信传递信号以减少线束的数量；通过数据共享，达到减少部件的目的，如开关、感应器和执行器等。

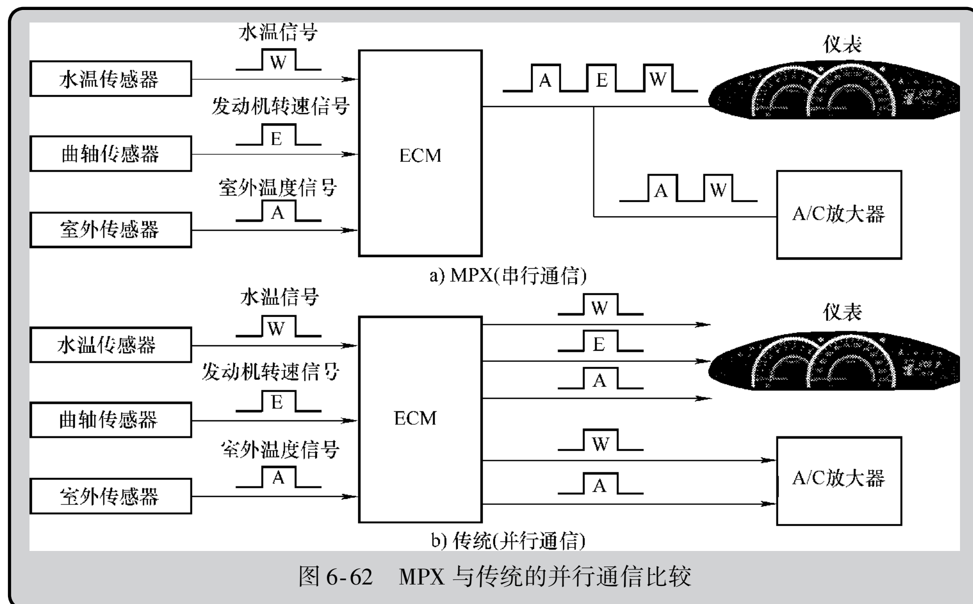


图6-62 MPX与传统的并行通信比较

6-155　MPX 的基本工作原理是怎样的?

如图 6-63 所示，传统的两个 ECU 之间的通信是每个数据通过各自的专用线路传递，**MPX 采用两种方式进行数据传输：一种是时分多址，ECU 用不同的时间在一条通信线路上传递每个数据以防止数据干扰，可以实现定期传递和实时传递；另一种是频分多址，ECU 用不同的频率在一条通信线路上传递每个数据以防止数据干扰。**

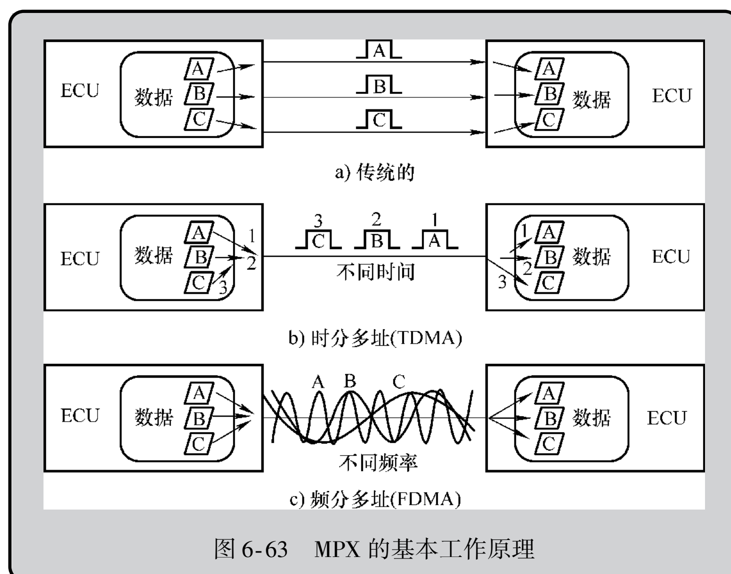


图 6-63　MPX 的基本工作原理

如图 6-64 所示，**MPX 的拓扑结构分三种类型：总线型、环形和星形**。总线型的所有 ECU 都与一条共用的通信线路相连，适用于 BEAN 和 CAN；环形即 ECU 之间连接成环形，适用于 BEAN；星形的每个 ECU 直接与负责中央控制的主 ECU 相连，适用于 LIN 和 AVC－LAN。

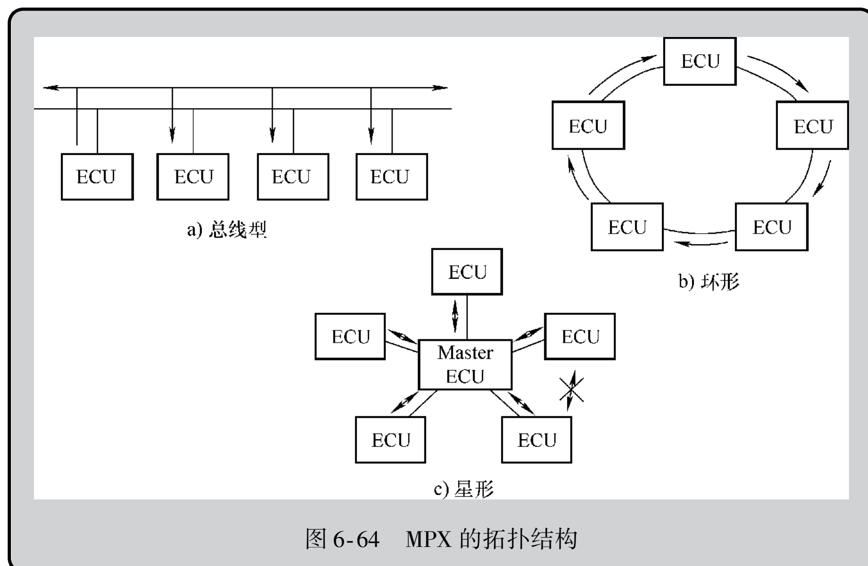


图 6-64　MPX 的拓扑结构

6-156　什么是 BEAN？

丰田车系的多路通信系统 MPX 采用了车身电子区域网（Body Electronics AreaNetwork），其英文缩写为 BEAN。BEAN 是一个多路转换通信协议，该协议用于控制电气或电子设备的控制单元（ECU）之间的数据传输。

如图 6-65 所示，BEAN 总线采用菊花链改善开路的可靠性。在常规总线通信的基础上，将总线形成环形。当总线一处断路时，各节点之间仍然实现通信，对车辆的使用毫无影响，这时也无法检测到总线的故障码，只有在两处以上断路时才会影响车辆正常工作，才能检测到故障码。

总线故障发生时，就其本身而言故障只有两种可能——断路或短路，当总线短路（与地短路或电源电压短路）时，总线失效保护，各节点之间都无法通信。

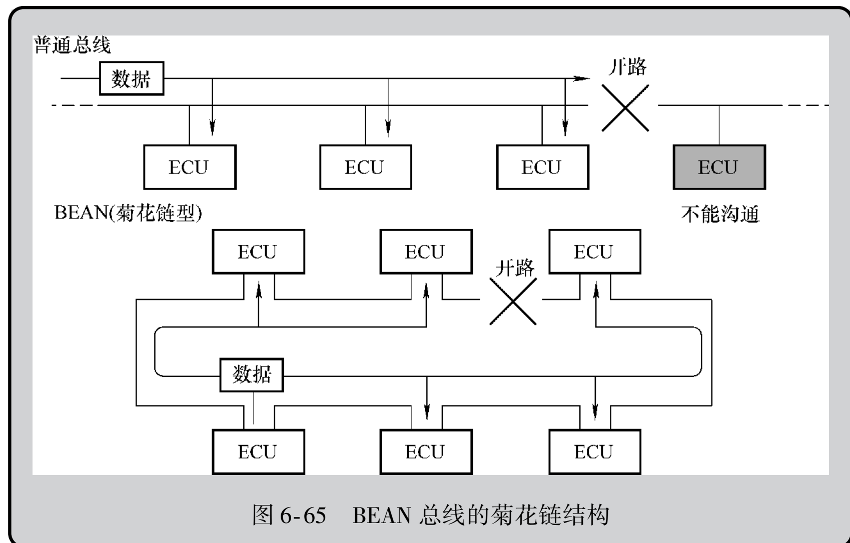


图 6-65　BEAN 总线的菊花链结构

6-157　BEAN 总线的主要特点有哪些？

（1）采用多路转换主系统（CSMA/CD）　链路到通信线路上的所有模块都有等同权传输（请求）它们自己的信息。与此比较，在 LIN 网中，主控制单元控制所有的从控制单元，且从控制单元仅应答来自主控制单元的请求。

（2）可以在广播通信与点到点通信之间进行转换　广播通信是指传输到所有节点的信息；点到点的通信是指传输到指定节点的信息。

（3）采用非破坏性判优方法　一个以上节点开始请求时，该系统按照预定顺序（判优）确定哪一个节点具有最高优先权并防止数据由于冲突而被破坏。

（4）在接收节点上检测错误并把 ERROR（错误）信息发送到发送节点　在检测和通知一个错误（通常没有完成通信）时，传输端上的节点就自动地再发送该信息。

（5）可变报文长度　可以在 MPX 电路中改变一条报文的长度。

(6) 传输速率　传输速率为 10kbit/s。

6-158　BEAN 总线的数据传输方式有哪几种?

在 BEAN 总线中，采用了下面三种类型的数据传输方式。

(1) 定期传输　定期传输又称周期传输，定期性地向多个 ECU 传输更新的数据。如图 6-66 所示，冷却水温度传感器不间断地向发动机 ECU 传输水温信息，发动机 ECU 定期性地向仪表 ECU 传输更新的数据。

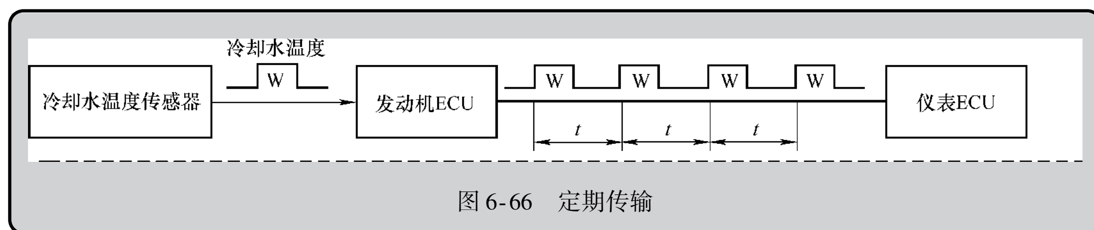


图 6-66　定期传输

(2) 实时传输　实时传输又称事件传输，由开关操纵传输事件。当相应的开关工作时把数据传输到多个 ECU，如图 6-67 所示，电动车窗主开关工作时将数据传输给主车身 ECU。

(3) 组合式传输 (周期和事件传输)　如果在定期传输的时候操作开关，那么定期传输的数据中会包含开关的信号。开关接通时，周期传输的定时器就复位，如图 6-68 所示。

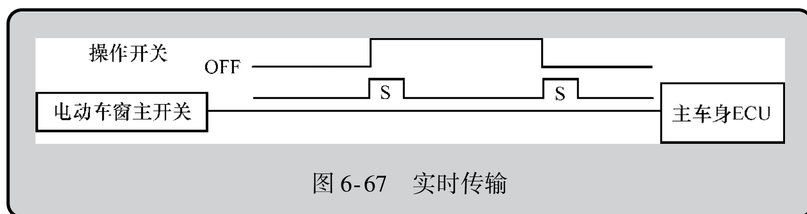


图 6-67　实时传输

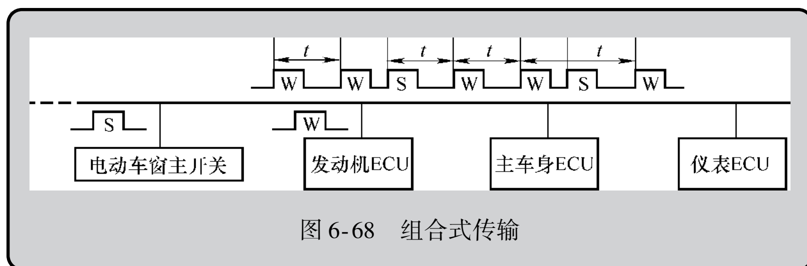


图 6-68　组合式传输

BEAN 总线的数据传输方法有单向传输和双向传输两种。如图 6-69 所示，单向传输主要用在车门系统，例如当电动车窗主开关工作时，开关信号 (如打开车窗) 就会单向传输给主车身 ECU，而主车身 ECU 没有信息传输给电动车窗主开关；而发动机 ECU 与空调 ECU 实现信息互相传输，即双向传输，例如发动机 ECU 把水温、室外温度等信息传输给空调 ECU，而空调 ECU 把压缩机开启的信息发给发动机 ECU。

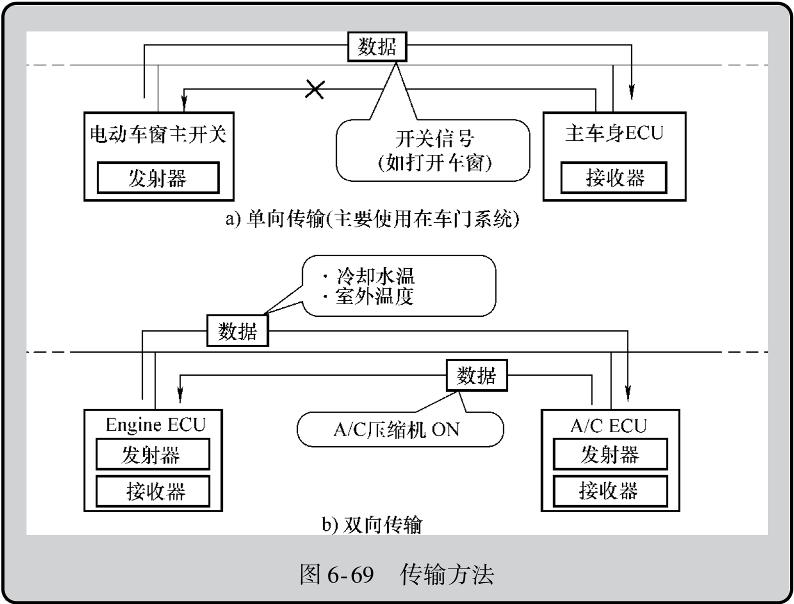


图 6-69　传输方法

6-159　BEAN 总线的数据帧结构是怎样的?

BEAN 总线的数据帧结构如图 6-70 所示，组成见表 6-14。

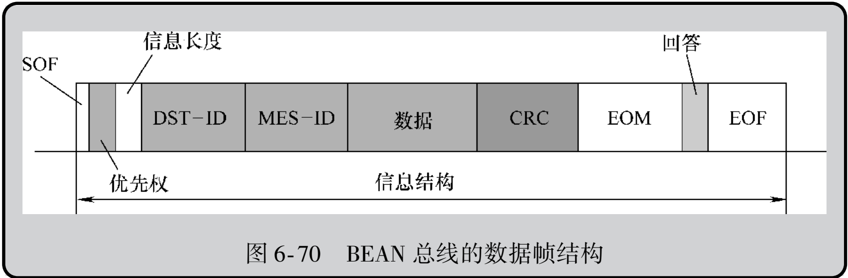


图 6-70　BEAN 总线的数据帧结构

表 6-14　BEAN 总线的数据帧的组成

帧	特　征	位数/bit
SOF	信息开始	1
优先权	优先权的设置	4
信息长度	此信息的长度	4
DST－ID	目的地 ID：提供接收 ECU 的地址	8
MES－ID	信息 ID：提供数据的种类	8
数据	可变的结构（1～11bit）	8～88
CRC	循环冗余检查：提供一个错误检测的代码	8
EOM	数据结束	8
回答	回答发送的数据是否错误	2
EOF	信息结束	6

6-160　如何对 BEAN 总线进行故障诊断和排除?

对 BEAN 总线进行故障诊断的要点有：

(1) 检查定制数据　检查当前的设置，因为有部分的功能可能会改变或取消。

(2) 检查故障码 DTC 的信息　可以通过使用专用诊断仪 IT－Ⅱ读取故障码 DTC，检查通信系统是否存在故障。

(3) 检查 ECU 的数据　使用专用诊断仪 IT－Ⅱ，在 ECU 数据列表中检查开关或传感器的状态，在主动测试中检查执行器的状态，从而分析判断是否存在故障。

BEAN 总线的主要故障类型有：

(1) 通信线路开路　如图 6-71 所示，由组合仪表 ECU、自动前照灯 ECU、空调 ECU 和网关 ECU 组成的 BEAN 网络出现断路故障，使用专用诊断仪读取故障码为 DTC B1271（组合仪表 ECU 通信中断）。

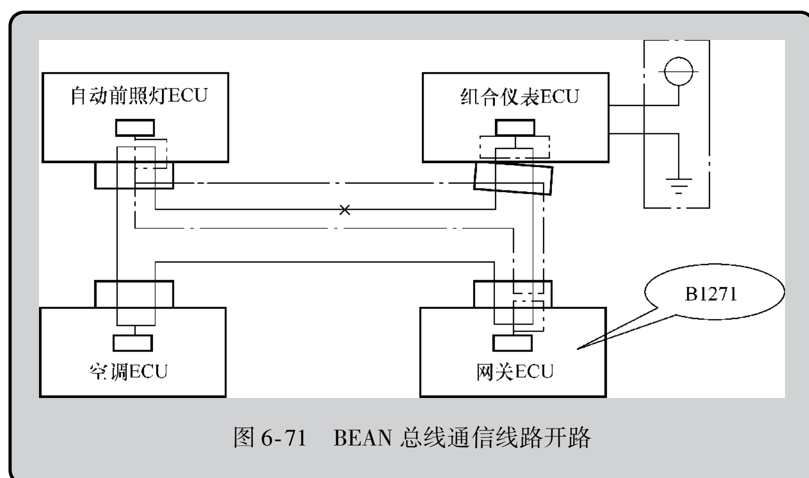


图 6-71　BEAN 总线通信线路开路

由于 BEAN 总线是以菊花链形式连接的，如果在线路中有一处断路，通信还能继续并且没有故障，DTC 会显示正常。如果一个 ECU 断开了，那么网关 ECU 会探测到通信中断并且输出 DTC。因此分析可能的故障原因有：插头断开；组合仪表 ECU 电源或接地接触不良；线路开路；ECU 之间的内部沟通出现问题；组合仪表 ECU 有故障。

(2) 通信线路短路　如图 6-72 所示，以组合仪表 ECU、自动前照灯 ECU、空调 ECU 和网关 ECU 组成的 BEAN 网络出现对地短路故障，使用专用诊断仪读取故障码为 DTC B1200、B1205、B1262、B1267、B1271（组合仪表 ECU、自动前照灯 ECU、空调 ECU 和网关 ECU 通信中断）。当通信线路短路时，内部总线对于 B 端子是 12V 的电压，对地是 0V，所以不可能和所有的 ECU 进行通信，也不能单凭故障码 DTC 找出具体短路的位置。

此时的检查方法是轮流地断开每个 ECU 的插头，使每个部件从通信线路分离出来，再检查是否还存在 DTC，如图 6-73 所示。

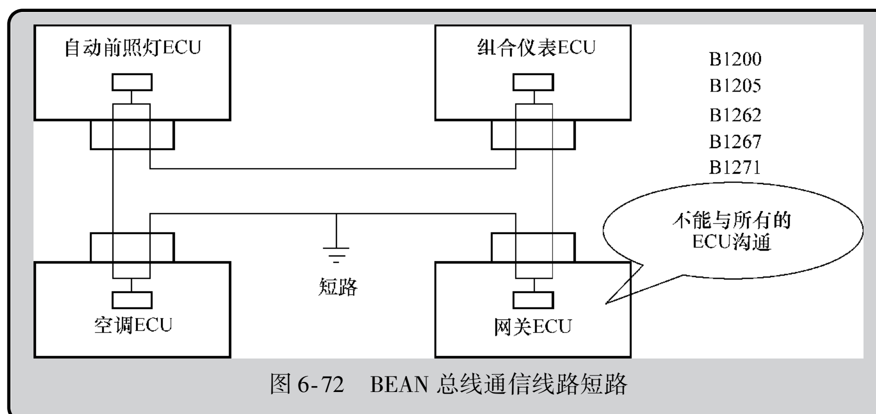


图6-72　BEAN总线通信线路短路

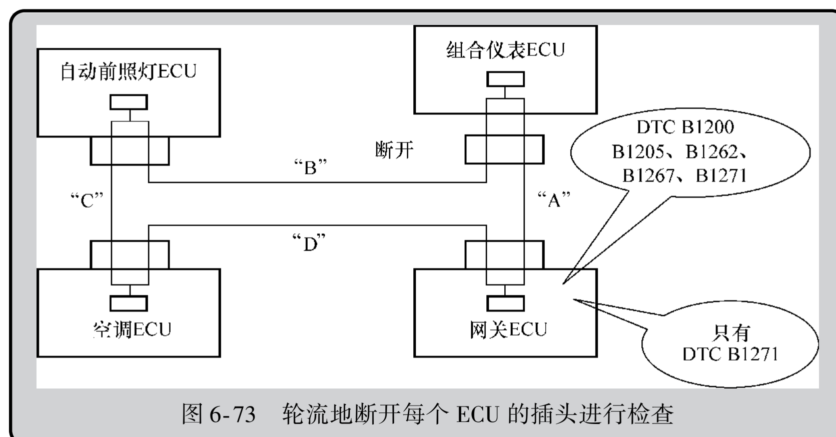


图6-73　轮流地断开每个ECU的插头进行检查

如果没有发现DTC，则用专用诊断仪IT－Ⅱ（见图6-74）检查每个系统，在数据列表中检查开关及传感器的信号是否有异常，ECU输入电路是否存在故障（见图6-75）；在主动测试中检查执行器是否有故障，ECU输出电路是否存在故障（见图6-76）。



图6-74　专用诊断仪IT－Ⅱ

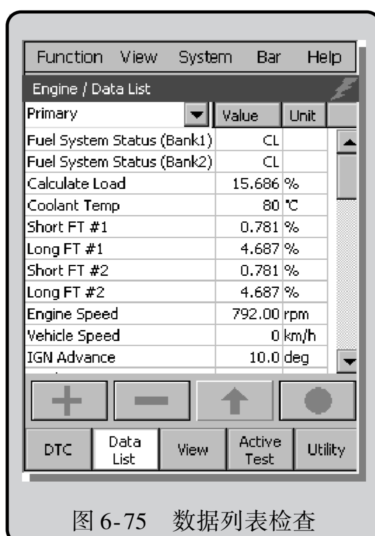


图6-75　数据列表检查

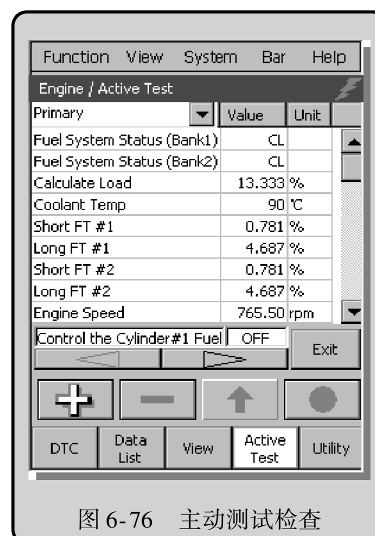


图6-76　主动测试检查

6-161　什么是 AVC－LAN？

丰田车系的多路通信系统 MPX 采用了**音频可视局域网络（Audio Visual Communication－Local Area Network，AVC－LAN）。AVC－LAN 是由包括丰田公司在内的 6 家公司共同开发的，如图 6-77 所示，以前只能在同一制造商生产的设备之间应用，现在则可以将不同厂商制造的部件进行连接。该系统用于音视频系统、导航系统等的通信。它的传输速率为 17kbit/s，比 BEAN 总线的传输速率稍快，但仍远低于 CAN 总线。**

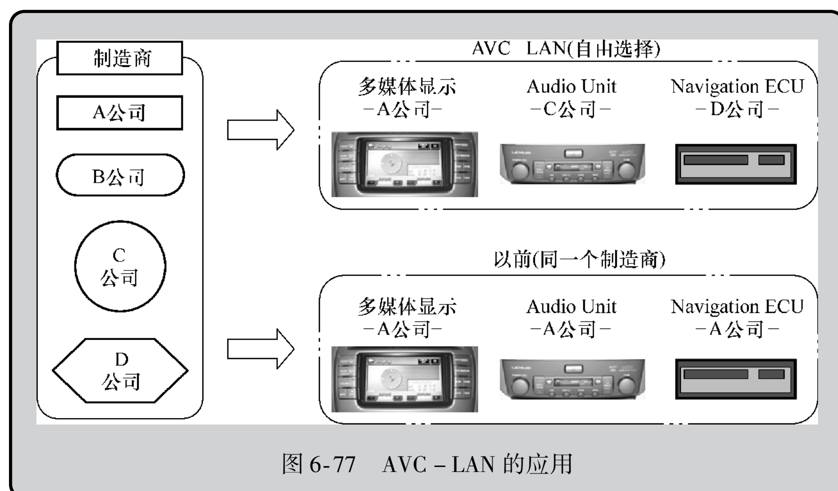


图 6-77　AVC－LAN 的应用

以雷克萨斯 LS430 为例，其 AVC－LAN 的结构如图 6-78 所示。

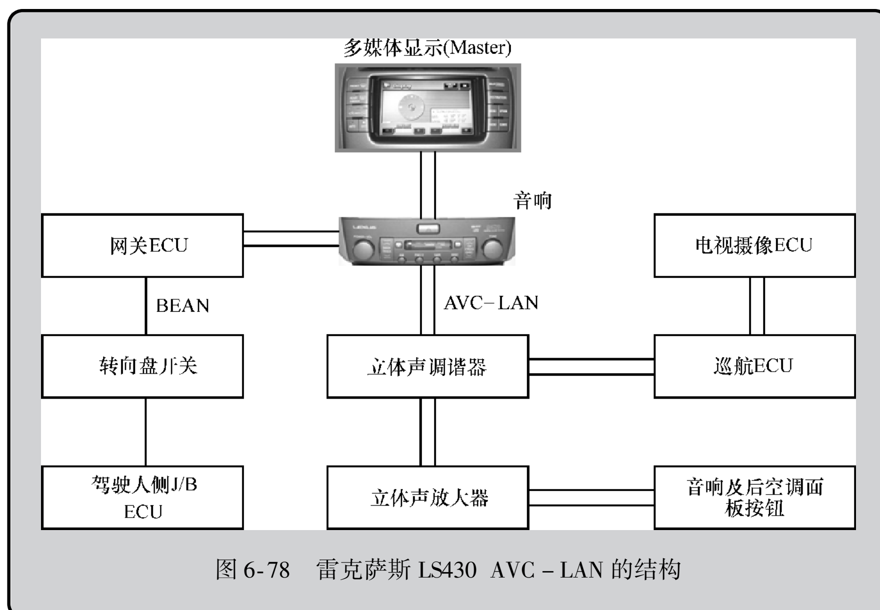


图 6-78　雷克萨斯 LS430　AVC－LAN 的结构

AVC－LAN 的数据线与 CAN 总线类似，采用了同轴电缆双绞线（见图 6-79），通过向两根数据线分别施加正（＋）和负（－）电压就可驱动通信发送信号（见图 6-80）。

AVC－LAN总线内的每个模块都有一个传输标准，目的是为了彼此识别。

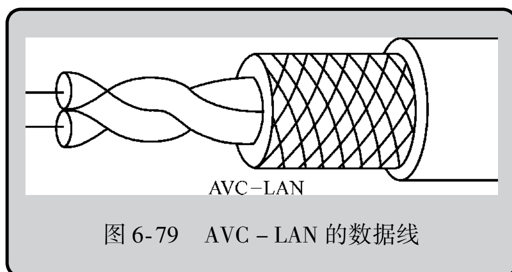


图6-79　AVC－LAN的数据线

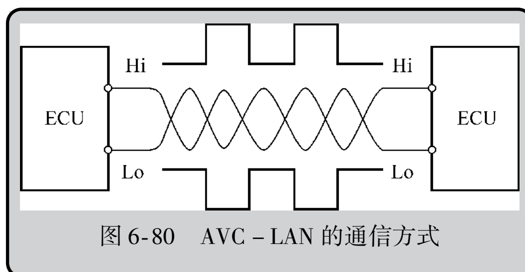


图6-80　AVC－LAN的通信方式

6-162　如何对AVC－LAN总线进行故障诊断和排除?

对AVC－LAN总线进行故障诊断的要点有：

(1) 确认BEAN总线正常　对于带有AVC－LAN和BEAN的通信类型，在确认BEAN没有故障的情况下才能对AVC－LAN进行故障排除。

(2) 故障类型　主要有传输故障和设备故障两种，设备故障应参照修理手册维修。

(3) 对DTC的故障诊断　读取故障码DTC关于车辆状态的信息，以帮助分析诊断。

对于带多媒体显示的类型，在车速为0km/h时（停车状态），打开点火开关至ACC或IG位置，进入AVC－LAN总线诊断模式，有两种方式：

1）方式一：按下“INFO”或“OPTION”按钮的同时，交替地将前照灯控制开关从“OFF”转到“TAIL”三次，如图6-81所示。

2）方式二：在显示调整屏幕上交替按左侧屏幕的上端和下端三次，如图6-82所示。

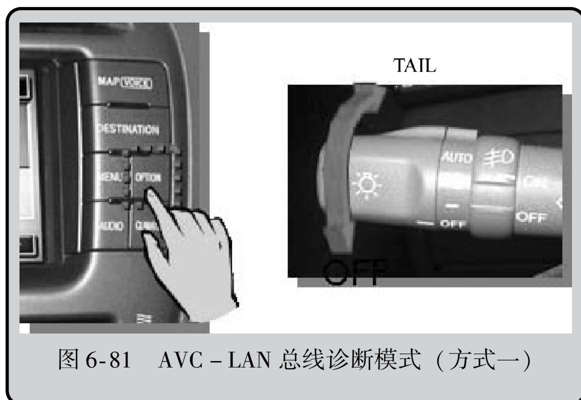


图6-81　AVC－LAN总线诊断模式（方式一）



图6-82　AVC－LAN总线诊断模式（方式二）

如图6-83所示，进入AVC－LAN总线诊断模式后，先进入系统检查，显示屏会显示设备故障，但不能检查通信故障。检查结果见表6-15。在维修通信故障之前应先修复设备的故障。

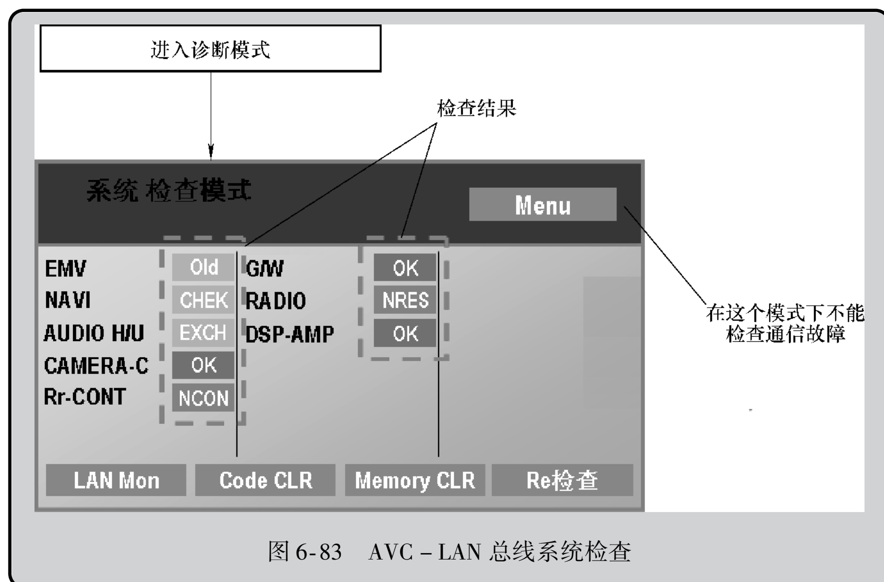


图 6-83　AVC－LAN 总线系统检查

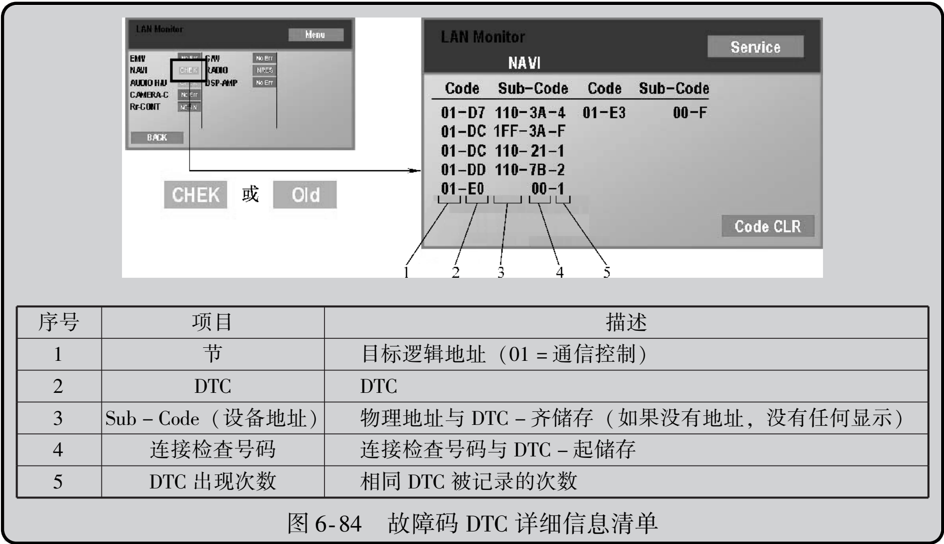
接下来进入 LAN 监视器（LAN Mon）进行检查，结果见表 6-16。如进入“CHECK”或“OLD”按钮查看，可得到详细的故障码 DTC 信息，以导航设备的“CHECK”为例，如图 6-84 所示，其显示的故障码 DTC 详细信息清单的含义见图中表格。

表 6-15　AVC－LAN 总线系统检查结果

检查结果	描　　述	操　　作
OK	没有 DTC	—
EXCH	设备输出一种“更换”型式的 DTC	在检查模式屏幕上查看 DTC
CHEK	设备输出一种“检查”型式的 DTC	
Old	设备输出一种“旧的”型式的 DTC	
NCON	设备以前存在，但不以诊断模式输出	1. 检查设备的电源线 2. 检查设备的 AVC－LAN
NRES	设备输出为诊断模式，但没有任何 DTC 信息	

表 6-16　AVC－LAN 总线 LAN 监视器检查结果

检查结果	描　　述	操　　作
NoErr	没有通信 DTC	—
CHEK	设备输出通信 DTC（D0～FE）	在独立的屏幕里查看 DTC
Old	设备输出一种“旧的”型式的 DTC	
NCON	设备以前存在，但不以诊断模式输出	1. 检查设备的电源线 2. 检查设备的 AVC－LAN
NRES	设备输出为诊断模式，但没有任何 DTC 信息	



序号	项目	描述
1	节	目标逻辑地址（01 = 通信控制）
2	DTC	DTC
3	Sub – Code（设备地址）	物理地址与 DTC – 齐储存（如果没有地址，没有任何显示）
4	连接检查号码	连接检查号码与 DTC – 起储存
5	DTC 出现次数	相同 DTC 被记录的次数

图 6-84　故障码 DTC 详细信息清单

对于不带多媒体显示的类型，在车速为 0km/h 时（停车状态），关闭音响，打开点火开关至 ACC 或 IG 位置，按住“1”和“6”按钮不放，同时按“DISC”按钮三次，进入 AVC – LAN 总线诊断模式（见图 6-85）。

如图 6-86 所示，进行系统检查，检查结果各代码含义与表 6-15 类似。



图 6-85　不带多媒体显示的类型进入 AVC – LAN 总线诊断模式

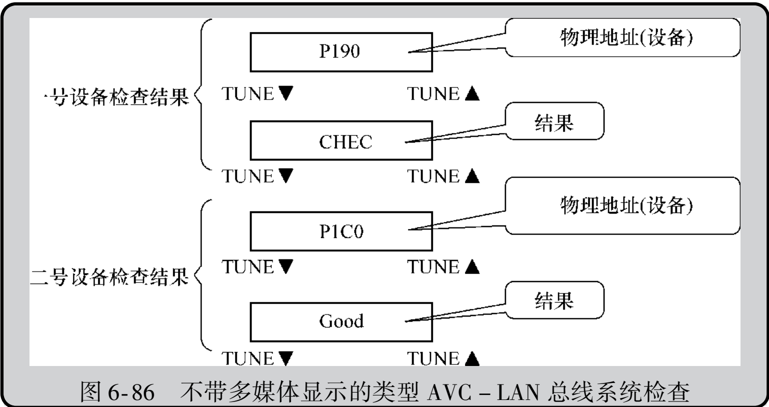


图 6-86　不带多媒体显示的类型 AVC – LAN 总线系统检查

6-163 什么是 J1850？

J1850 是英特尔公司推出的一款车载网络协议标准，由美国汽车工程师协会（SAE）车辆信息多路传输和数据通信网络标准委员会于 1988 年审议通过，1994 年 2 月 1 日正式颁布，之后普及运用于美国各大汽车厂商的汽车中，如福特（Ford）、通用（GM）、克莱斯勒（Chrysler）等。就车载网络系统的总线分类而言，J1850 属于 B 级总线，速率在 20～125kbit/s 之间，主要用途为车用信息中心、仪表显示、故障检测诊断等。由于 J1850 的实际运用混乱，因此逐渐被淘汰，取代 J1850 的是低速版的 CAN 总线。

虽然美国汽车厂商多实行 J1850 标准，但各厂的实际做法各有不同，福特采用的是 SCP 协议，以脉宽调制（PWM）方式，运用两条线路以差动方式进行传输，最高速率为 41.6kbit/s。通用和克莱斯勒采用的是 Class2 协议，以可变脉宽（VPW）方式传送信息，此方式仅使用一条线路就可传输，最高速率为 10.4kbit/s。

J1850 是一个异步、无主、地位同等的协议，它为所有的节点提供同等的网络入口。J1850 的一个重要特性就是正在传输数据的节点向整个网络“广播”它的信息。也就是说，不仅任何其他节点都可以接收到这条信息，而且，其自身也可得到该信息的反馈。

在 J1850 总线上，信息以数字信号形式传输，数字信号的显性位优先级高于隐性位优先级。当总线被高优先级的信息占用时，低优先级的信息被停止发送，只有当总线空闲时被停止发送的信息才能被再次发送，这是为了避免总线上信息冲突而导致信息的丢失。在判断是否应该接收总线所传输的信息时，J1850 协议采用全帧比较的方式，即从帧起始位开始一位位进行比较，直到帧结束为止。此方式不会破坏帧结构和内容，这种非破坏式冲突解决的方法也是该协议的核心。

J1850 的传输信号中，高位电压在 4.25～20V 间，而低位电压则低于 3.5V。但这里的一个高位电压（或低位电压）并不代表输出一个比特的信息，而是一个比特符号，一个比特符号可以携带一个比特或更多的信息。此外，每个比特符号的传递有其时间限制，对单线方式传输来说，一个比特符号的传递时间为 64μs 或 128μs。

J1850 总线一般会连接一个较小的下拉式电阻，当总线被驱动时则会将线路电压拉至高位，拉至高位的同时也等于取得总线的主导权、使用权。在传输距离上，VPW 型的 J1850 最远传输距离约为 35m，最多能在一个 J1850 总线内设置 32 个节点。J1850 的故障诊断使用 OBDⅡ（On-Board Diagnostics Ⅱ）的连接器。

6-164 什么是 Class2？

Class2 是通用公司的的第 2 代串行数据传输总线，它采用单线制线路，符合可变脉宽（VPW）方式的 J1850 总线规范，其传输速率为 10.4kbit/s。

Class2 总线的静态电压为 0V，工作时传递数据电压为 7V。每一位信息都可能有两种长度，即长或短。各模块间定期收发信息，包括操作信息和指令。各模块根据它们来判断数据的来源和种类，以获得数据值并监测网络安全。Class2 串行通信波形如图 6-87所示。

在Class2总线中，各模块共用一条数据总线，同一时刻只允许两个模块进行数据交换，但它具有结构简单和信道利用率高等特点。

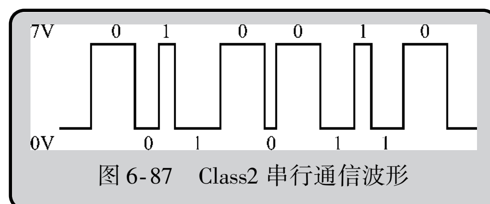


图6-87 Class2串行通信波形

图6-88为旧款别克君威的Class2总线结构。由总线控制的模块包括车身控制模块BCM、电子制动控制模块EBCM、通风与空调系统控制模块（3.0GS）、安全气囊传感诊断模块SDM、组合仪表IP、动力系统控制模块PCM（2.5GL、3.0GS）或发动机控制模块ECM（2.0G）、防盗钥匙确认系统PK－3模块。诊断插座DLC的2脚与Class2数据总线相连，可通过总线访问不同的控制单元，实现故障诊断和测试的目的。

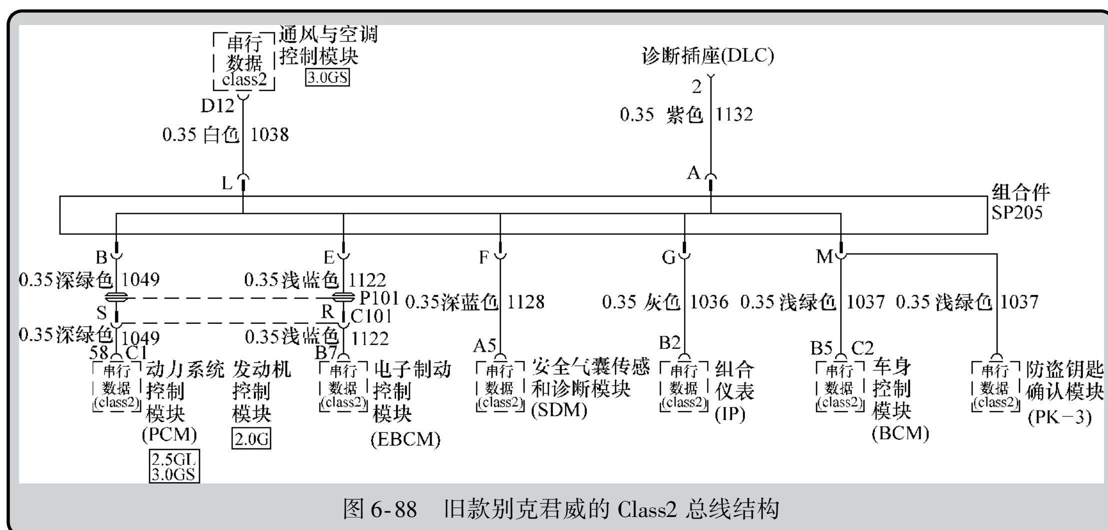


图6-88 旧款别克君威的Class2总线结构

6-165 什么是UART？

UART是通用公司早期采用的一种串行通信系统，它采用单线制线路，传输速率为8192bit/s。UART串行通信网络中有一个控制串行数据总线通信的主控模块，在大多数情况下，车身控制模块就是UART总线的主控模块。UART通信采用5V单线数据线，其系统电压为5V。UART是通过正逻辑运算相同的脉宽进行数据通信的。UART串行通信波形如图6-89所示。

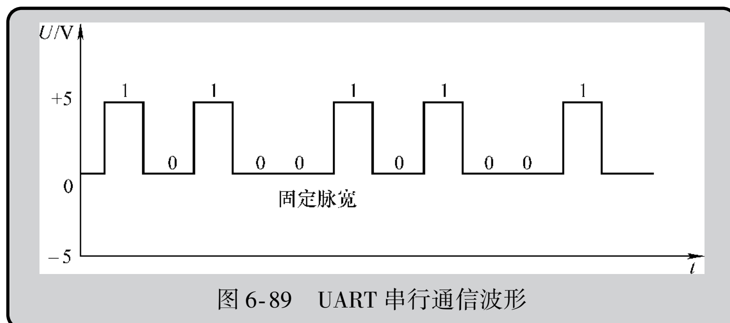


图6-89 UART串行通信波形

图 6-90 为别克荣御的 UART 总线，主控模块为 A15 车身控制模块。主 UART 串行数据总线与 X40 诊断连接器第 9 脚连接，用于故障诊断；第二 UART 串行数据总线与 A14 空调控制模块、P3 组合仪表、A133 音响模块、A158 通信控制调用收发器模块、A21 驾驶人座椅位置调整记忆模块相连进行通信，第三 UART 串行数据总线与安全气囊传感和诊断模块相连，实现各种功能，如解锁照明、车门自动锁定系统、车灯自动关闭功能、车灯自动接通功能、蓄电池节电模式、气囊展开车辆熄火、车辆安全系统、顶灯和门控灯控制功能、仪表变光控制功能、间歇刮水器控制功能、电动车窗系统、电动天线控制系统、后车灯灯泡故障指示功能等。

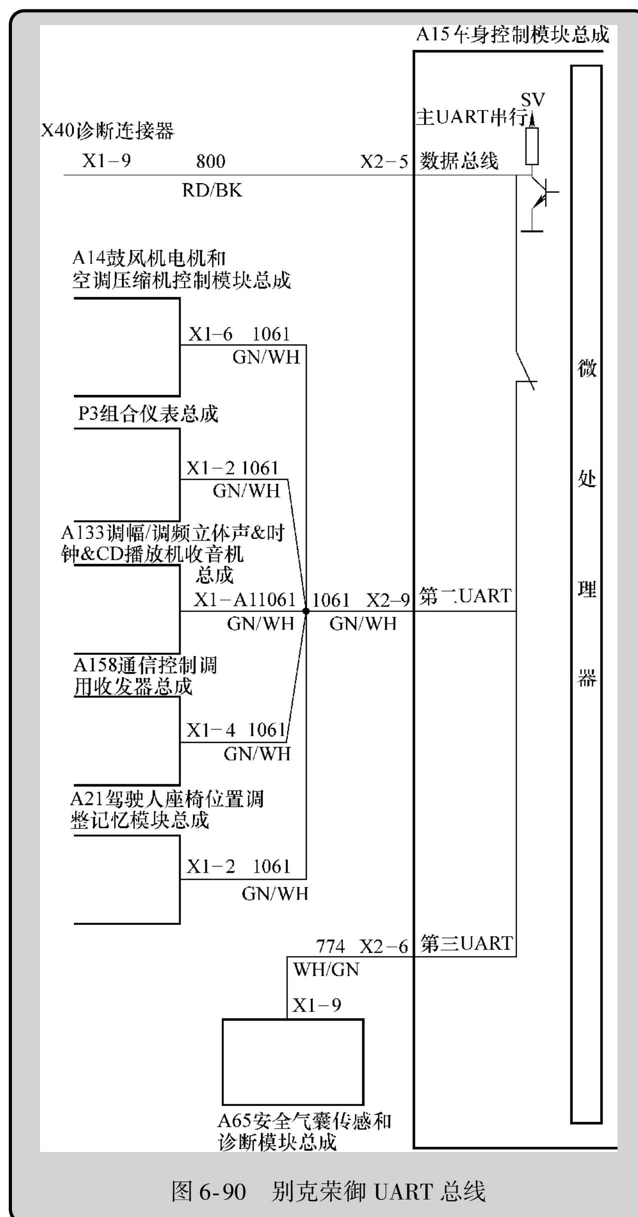


图 6-90　别克荣御 UART 总线

6-166　什么是 GM－LAN?

GM－LAN（General Motors Local Area Network）是通用公司开发的车载网络通信标准，应用于通用公司内部的各种车型上。GM－LAN 从一开始开发就由低速、中速、高速三种总线构成，这些总线都基于 CAN 通信协议、采用同样的数据通信策略。GM－LAN 和 UART 的主要区别在于，UART 依靠总线主控模块控制信息收发，而 GM－LAN 的信息收发由各控制模块管理。GM－LAN 在物理层/协议上采用三种不同的通信波特率，针对高速通信，采用 500kbit/s 的双线 CAN 总线；针对中速通信，采用 95kbit/s 的双线 CAN 总线；针对低速通信，采用 20～40kbit/s 的单线 CAN 总线。

以高速 GM－LAN 为例，它有两条发送串行数据的线路，这 2 条线路通常称为 CAN－H 和 CAN－L。该总线采用终端电阻作为线路终结器，位于总线线路末端的两个控制模块内。如图 6-91 所示，动力系统接口模块和发动机控制模块内的总线终端电阻均为 120Ω。终端电阻的作用是：防止当数据传输到 GM－LAN 总线线路末端时出现反射回送。它采用的通信方式是高速差分模式，通信速率是 500kbit/s，其串行通信波形如图 6-92 所示，它可以通过 2 个逻辑层面即隐性（未驱动）和显性（驱动）显示。

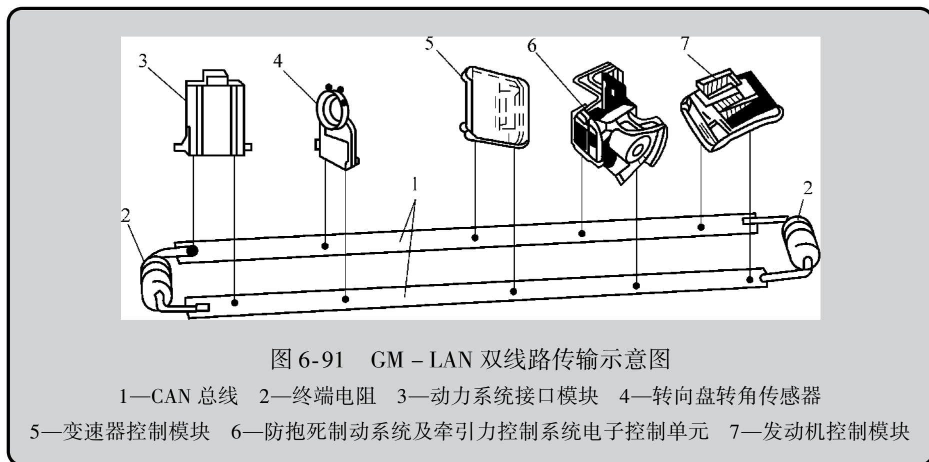


图 6-91　GM－LAN 双线路传输示意图

1—CAN 总线　2—终端电阻　3—动力系统接口模块　4—转向盘转角传感器
5—变速器控制模块　6—防抱死制动系统及牵引力控制系统电子控制单元　7—发动机控制模块

1）隐性（逻辑 1）。总线处于空闲状态，CAN－H 和 CAN－L 电压相同，均为 2.5V，不存在差分电压。

2）显性（逻辑 2）。总线处于被驱动状态，CAN－H 电压为 3.6V，CAN－L 电压为 1.4V，存在 2.2V 差分电压。

GM－LAN 可以使发动机与车辆上所有的控制模块以非常高的速率进行数据交换。这就意味着与该总线连接的模块可以比 UART 总线系统快得多的速度进行相互之间的数据交换。每个 GM－LAN 模块均有一定数量的车辆装置与其相连接。该模块或是从这些外围装置读取数据，或是向其发出指令。何时读取数据或发出指令，在大多数情况下是由发动机或车辆运行状态（这些相关状态信息是由与 GM－LAN 相连接的其他控制装置提供的）来决定。任何模块输出的数据均发送至与总线相连接的所有的 GM－LAN 控制模块。每个控制模块将对接收到的数据进行评估，以确定是否对其进行处理（并采取行动）或者忽略。

图 6-93 为 2009 款别克新君威高速 GM－LAN 总线示意图。

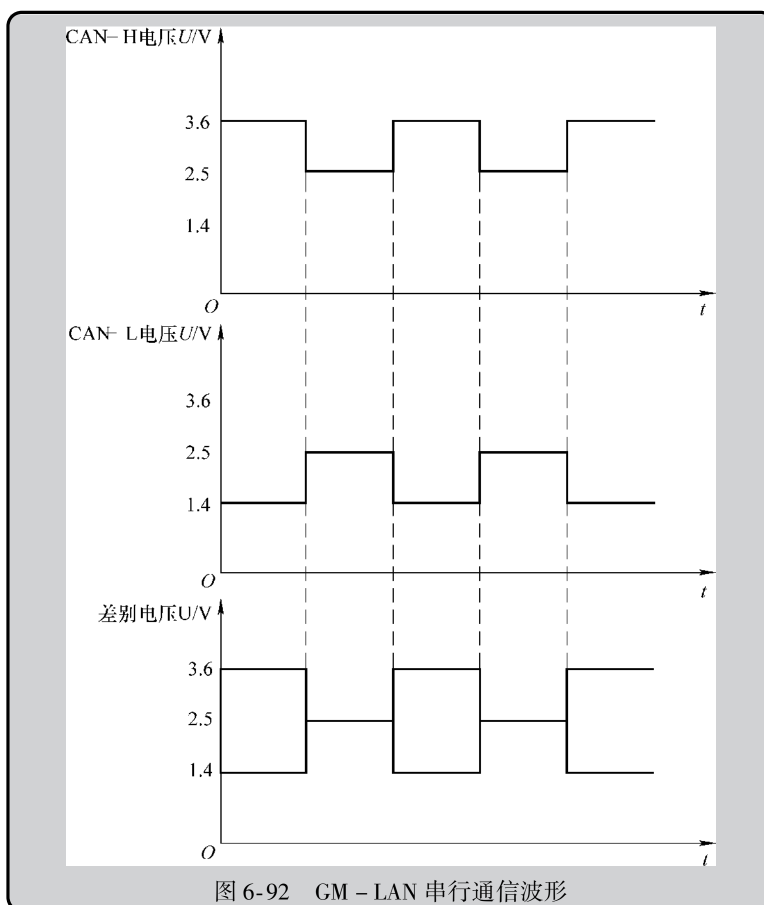


图 6-92　GM－LAN 串行通信波形

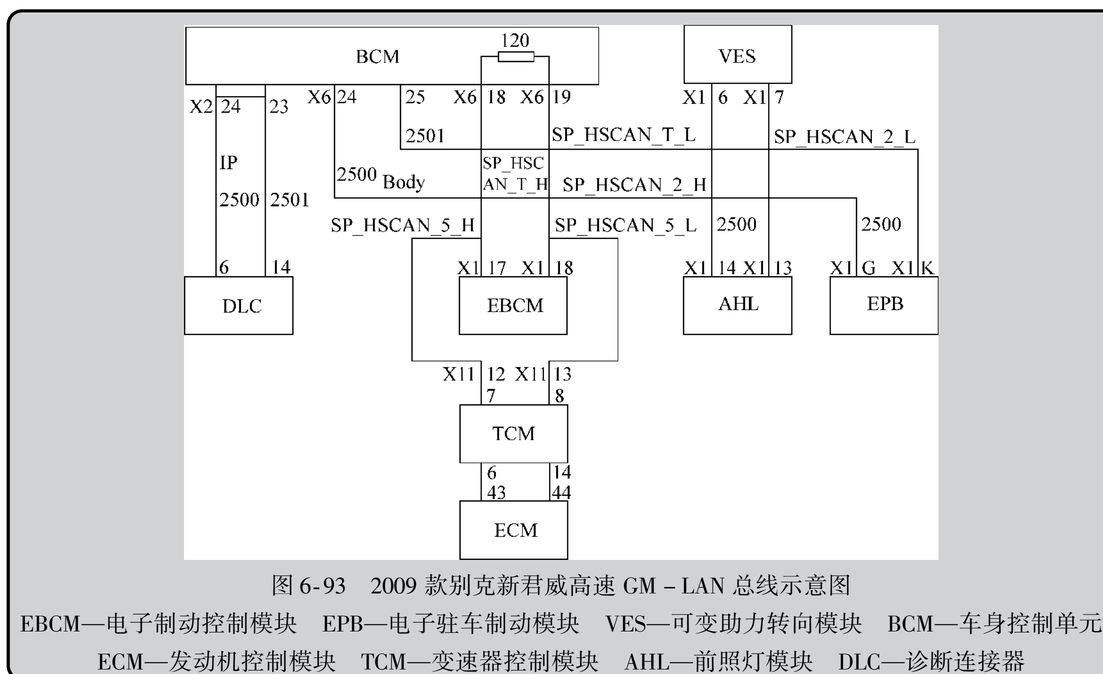


图 6-93　2009 款别克新君威高速 GM－LAN 总线示意图

EBCM—电子制动控制模块　EPB—电子驻车制动模块　VES—可变助力转向模块　BCM—车身控制单元
ECM—发动机控制模块　TCM—变速器控制模块　AHL—前照灯模块　DLC—诊断连接器

6-167 如何对别克君威的"DTC U1000 和 DTC U1255 Class 2 通信故障"进行诊断?

在别克君威轿车中，连接到 Class2 串行数据电路上的模块在车辆正常工作中监视串行数据通信。工作信息和指令在模块之间相互交换，当一个模块接收到有一条关键操作参数的信息时，该模块记录下发出正常状态信息的模块的识别代码。当该信息未收到时，要求模块将默认值用作关键操作参数。当一个模块在开始串行数据通信约 5s 内未将识别代码与至少一个关键参数关联时，设置诊断故障码 U1255 或 U1000。当多个关键参数没有与识别代码关联时，该诊断故障码仅报告一次。

以下是别克君威的 DTC U1000 和 DTC U1255 Class2 通信故障的诊断步骤：

1）连接诊断仪，检测是否记录了范围在 U1001－U1254 之间为历史状态的任何诊断故障码。如有记录，则需要根据这些诊断故障码进行维修。

2）打开点火开关至"ON"位置且发动机保持不工作；试与 Class2 串行数据电路上的每个模块通信（如果使用 Tech2 诊断仪可利用 Class2 信息监视功能获取该信息）；记录在 Class2 串行数据电路上通信的所有模块；将能够通信的模块列表与给定列表进行比较，检查 Class2 串行数据电路上是否有任何模块未通信，如果都有通信则转到步骤 13。

3）测试不通信模块上的蓄电池正极电压电路和点火电压电路，如出现开路或对地短路则修复并转到步骤 9。

4）关闭点火开关，测试不通信模块的接地电路，如出现开路则修复并转到步骤 9。

5）断开组合件 SP205 检查，如出现接触不良则修复并转到步骤 9。

6）测试不能通信的模块 Class2 串行数据电路，如出现开路则修复并转到步骤 9。

7）检查不通信模块的蓄电池正极电压电路、点火电压电路、接地电路和 Class2 串行数据电路。如出现接触不良则修复并转到步骤 9。

8）更换不能通信的模块，完成维修则转到步骤 11。

9）连接故障诊断仪，打开点火开关至"ON"位置且发动机保持不工作，对于不通信的模块选择"显示诊断故障码"功能，故障诊断仪如显示任何不是以字母 U 开始的诊断故障码，则需要到控制模块中进行相应的诊断系统检查。

10）用故障诊断仪清除诊断故障码，系统正常。

11）对于将 U1000 或 U1255 设置为当前诊断故障码的模块，选择"显示诊断故障码"功能，故障诊断仪如显示不是以字母 U 开始的诊断故障码，则需要到控制模块中进行相应的诊断系统检查。

12）用故障诊断仪清除诊断故障码。

13）对于将 U1000 或 U1255 设置为当前诊断故障码的模块，如果还记录了其他任何诊断故障码，则需要到控制模块中进行相应的诊断系统检查。

14）连接故障诊断仪，打开点火开关至"ON"位置且发动机保持不工作，用故障诊断仪清除诊断故障码，关闭点火开关至少 5s，打开点火开关至"ON"位置且发动机保持不工作，选择显示诊断故障码功能，故障诊断仪如仍将 U1000 或 U1255 设置为当前诊断故障码，则更换将 U1000 或 U1255 设置为当前诊断故障码的模块。

6-168　如何对别克君威的“DTC　U1001－U1254与×××失去通信故障”进行诊断？

在别克君威轿车中，当模块读出一个识别代码，就将监视该模块的节点活动信息。要求Class2串行数据电路上每个已经通电的并需要检测通信故障功能的模块每2s发送一条节点活动信息。如果在5s内从读出识别代码中未检测到该信息，则设置DTC　U1×××（其中×××相当于3位识别代码）。模块内部Class2串行数据电路故障或在当前点火循环中掉电的模块可能会使其他模块设置“失去通信”诊断故障码，能通信的模块将设置一个指示不能通信模块的诊断故障码，如果在5s内从读出识别代码中未检测到信息则设置DTC　U1×××。

当多个模块中的任一模块设置了多个失去通信诊断故障码时，按以下顺序诊断该诊断故障码：

1）当前诊断故障码先于历史诊断故障码，除非诊断表中另有说明。

2）报告次数最多的诊断故障码。

3）从号码最低的诊断故障码到号码最高的诊断故障码。

以下是别克君威的DTC　U1001～U1254与×××失去通信故障的诊断步骤：

1）测试不通信模块上的蓄电池正极电压电路和点火电压电路，如出现开路或对地短路则修复并转到步骤9。

2）关闭点火开关，测试未通信模块的接地电路，如出现开路则修复并转到步骤9。

3）断开组合件SP205检查，如出现接触不良则修复并转到步骤7。

4）测试不通信模块Class2串行数据电路在模块与组合件SP205之间是否开路，如出现开路则修复并转到步骤7。

5）检查未通信模块的蓄电池正极电压电路、点火电压电路、接地电路和Class2串行数据电路。如出现接触不良则修复并转到步骤7。

6）更换不能通信的模块，完成维修则转到步骤9。

7）连接故障诊断仪，打开点火开关至“ON”位置且发动机保持不工作，对于不通信的模块选择“显示诊断故障码”功能，故障诊断仪如显示任何不是以字母U开始的诊断故障码，则需要到控制模块中进行相应的诊断系统检查。

8）用故障诊断仪清除诊断故障码。

9）对于已经设置与×××失去通信诊断故障码的模块选择“显示诊断故障码”功能，故障诊断仪如显示任何不是以字母U开始的诊断故障码，则需要到控制模块中进行相应的诊断系统检查。

10）用故障诊断仪清除诊断故障码，继续诊断或清除诊断故障码，直到诊断完所有模块且所有诊断故障码全部消除，系统正常。

6-169　如何对别克新君威的高速GM－LAN总线进行故障诊断？

以诊断故障码“DTC　U0002高速CAN总线”为例，故障诊断步骤如下：

1）使用故障诊断仪，确认没有设置故障码 DTC U0100－U0299 或 U2105－U2199。如已设置故障诊断，则需要进行相应的诊断系统检查。

2）点火开关置于“OFF”位置，测试搭铁电路和搭铁之间的电阻是否小于5Ω。如果大于规定范围，电路可能存在开路或电阻过大故障。

3）点火开关置于“OFF”位置，断开相应模块的线束连接器。

4）点火开关置于“ON”位置，使用测试灯工具，确认相应模块的以下电路和搭铁之间的测试灯点亮：

① 蓄电池正极电压输入电路；

② 蓄电池正极电压输出电路；

③ 点火电压输入电路；

④ 点火电压输出电路；

⑤ 开关控制的蓄电池正极电源电路。

如果测试灯未点亮，电路可能存在开路或电阻过大故障。如果电路熔丝熔断，电路可能存在对搭铁短路故障。如果电路测试正常，则相应控制模块可能存在故障。

5）点火开关置于“OFF”位置，测试在不通信模块 GM－LAN 串行数据电路和报告故障码模块电路之间的电阻是否小于5Ω。如果大于规定范围，电路可能存在开路或电阻过大故障。

6）如果所有电路测试结果都正常，则更换相应控制模块。

6-170 如何对别克新君威的中速 GM－LAN 总线进行故障诊断?

以诊断故障码“DTC U0074 控制模块总线 B 关闭”为例，故障诊断步骤如下：

1）使用故障诊断仪，尝试与中速 GM－LAN 串行数据电路的所有控制模块通信。在中速串行数据电路上，两个或多个控制模块应不可以通信。

2）将故障诊断仪从数据链路连接器上断开，在数据链路连接器上进行测试。

3）关闭所有的检修孔盖，关闭点火开关 60s，测试搭铁电路端子 5 和搭铁之间是否小于 10Ω。如果大于规定范围，搭铁电路可能存在开路或电阻过大故障。

4）点火开关置于“ON”位置，测试串行数据电路端子 3、端子 11 与搭铁之间的电压是否低于 3V。如果高于规定范围，则串行数据电路可能存在对电压短路故障。

5）点火开关置于 OFF 位置 60s，测试串行数据电路端子 3、端子 11 与搭铁之间的电阻是否大于 100Ω。如果不是规定值，则串行数据电路可能存在对搭铁短路故障。

6）在串行数据电路端子 13 和端子 11 之间进行电阻测量。如果电阻小于 35Ω，则串行数据电路之间可能存在短路故障。如果为 35～50Ω，在串行数据电路上也许会有第三个终端电阻。如果安装了不正确的控制模块，就会发生这种情况。一些控制模块在有或没有安装终端电阻的时候都可用来减少线束上对终端电阻的需求。如果大于 70Ω 但不是无穷大，串行数据电路可能存在开路或电阻过大故障；如果为无穷大，在数据链路连接器上的串行数据电路和第一个串行数据连接的电路可能存在开路故障。

6-171　如何对别克新君威的低速 GM－LAN 总线进行故障诊断?

以诊断故障码“DTC U0100－U0299”为例，故障诊断步骤如下：

1）确定模块没有通信。

2）点火开关置于“OFF”位置，断开不能通信的模块线束连接器。

3）测试每个搭铁电路端子和搭铁之间的电阻是否小于 5Ω。如果大于规定范围，搭铁电路可能存在开路或电阻过大故障。

4）使用测试灯工具，检查并确认每个 B＋电路端子和搭铁之间的测试灯是否点亮。如果测试灯不点亮，则 B＋电路可能存在对搭铁短路或开路或电阻过大故障。如果电路熔丝熔断，控制模块可能存在对搭铁短路故障。如果电路测试正常，则更换控制模块。

5）将点火开关置于“ON”位置，使用测试灯工具，检查并确认每个电路端子和搭铁之间的测试灯点亮。如果测试灯不点亮，测试点火电路可能存在对搭铁短路或开路或电阻过大故障。如果电路熔丝熔断，控制模块可能存在对搭铁短路故障。如果电路测试正常，则更换控制模块。

6）点火开关置于“ON”位置，使用测试灯工具，检查并确认通信启用电路或附件唤醒电路的端子与搭铁之间的测试灯点亮。如果测试灯未点亮，电路可能存在开路或电阻过大故障。如果电路测试正常，则更换车身控制模块。

7）点火开关置于“OFF”位置 60s，在低速 GMLAN 串联数据端子 11 和数据链路连接器端子之间测量电阻，如果大于规定的范围，串行数据电路在不通信的控制模块和设置故障码或者串行数据电路星形连接器之间可能存在开路或电阻过大故障。

8）如果所有电路测试结果都正常，则更换不通信的控制模块。

6-172　如何对 GM－LAN 的数据线进行修理?

修理 GM－LAN 的数据线时，应先确定待维修电路的数据线尺寸，修理后的数据线长度必须和修理前长度相等，确保电路的完好性。GM－LAN 有三种网络，低速 GM－LAN 为单芯线，中、高速 GM－LAN 为双绞线。如果网络采用双绞线，则修理完成后仍必须保持双绞形态。

对于所有 GM－LAN 系统，均可用维修端子来更换损坏的的连接器端子。对采用双绞线的 GM－LAN 中、高速系统的连接器端子进行修理时，修理时切勿将双绞线松开过度。GM－LAN系统中的端子采用特殊金属制造，这种金属使灵敏的低能电路能良好接触，专用工具中备有这些端子。

如果数据线损坏，维修时可连接一段相同线规（0.5mm、0.8mm、1.0mm 等）的新导线。采用接头密封套管和压接钳，按以下线路修理步骤操作，以确保密封接头完好：

1）拆卸胶带，解开线束：用裁缝剪剪开胶带以解开线束，以免损坏导线绝缘层。除同轴电缆外，对所有类型的导线绝缘都应采用接头密封套管。当两根以上的线路对接时，不得使用接头密封套管来进行压接。

2）从线束上尽可能少地剪掉导线。可能需要一段预留线，以便改变接头位置。调整接头的位置，使每个接头距离其他接头、分线束或连接器至少40毫米。

3）剥除绝缘层：向现有线束接入一段导线时，应使用与原来数据线尺寸相同的导线。查明正确的导线尺寸，将需要连接的导线上剥开约7.5mm的绝缘层。切勿割伤或割断线股，检查已剥皮导线的线股是否割伤或割断。如果导线损坏，将损坏段截去后重复本步骤。

4）根据导线的尺寸，选择合适的接头密封套管。

5）将接头密封套管放在压接钳（见图6-94）相应颜色的压套中。确保压接点落在内管端部和限位点的中间。如图6-95所示，接头套管的内管2中间有一个限位点3，用来防止导线1窜过接头。轻微夹紧压接钳手柄，将接头密封套管牢固固定在合适的压套中。

6）将导线插入接头套管内管，直到导线碰到内管限位点。

7）使劲夹紧压接钳手柄，直到手一松开后压接钳手柄就能够打开。压接钳手柄不会重新打开，除非在接头套管上施加了足够的压力。对接头的另一端重复步骤4和5。

8）用加热枪加热内管的压接部位。

9）从中部开始，然后逐渐移动加热枪至套管的开口端：沿绝缘层加热后，套管会完全收缩。收缩到一定程度后，套管端部会流出少量密封剂。如图6-96所示，压接完毕。

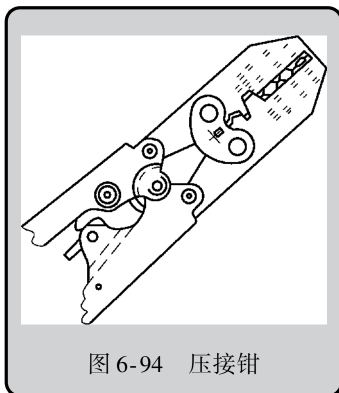


图6-94　压接钳

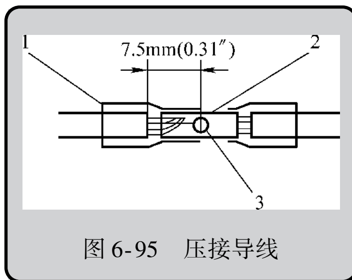


图6-95　压接导线

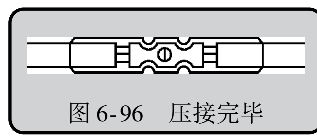


图6-96　压接完毕

6-173　什么是SCP？

SCP是福特汽车采用的一种通信协议，符合脉宽调制（PWM）方式的J1850总线规范。SCP网络由多个控制模块组成，每个控制模块具有不同的输入和输出（I/O）装置。控制模块交换各自的输入和输出（I/O）装置的电子信息。如图6-97所示，每个控制模块通过由双绞线组成的数据总线相互连接。数据总线的连线被指定为总线+（Bus+）和总线－（Bus－）。两根数据线传送的信息互为镜像，电脉冲信号在5.0V和0V之间变化，代表数字逻辑“1”或“0”。没有信息时，总线+（Bus+）为5.0V，而总线－（Bus－）为0V；传递信息时，读数相反。如果SCP的一根数据线损坏，系统通常可以继续进行工作，这是因为所有的系统信息可以通过另一根（冗余的）数据线进行传递。SCP网络使用数据链接接口（DLC）为读码器提供接口。

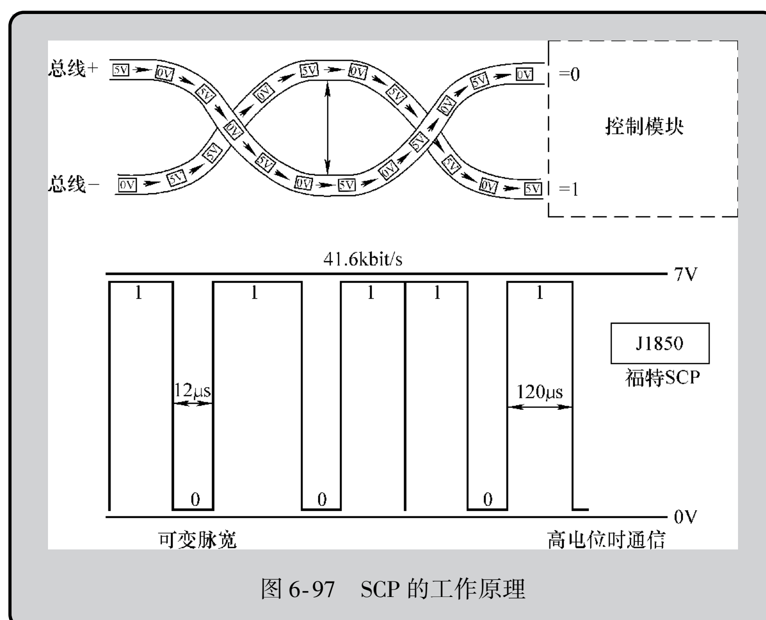


图 6-97　SCP 的工作原理

在 SCP 网络上广播的信息，所有的模块都可以得到。然而，只有那些被编程使用此类信息的模块才能识别该信息，这类信息被称为功能寻址信息。例如，防抱死制动（ABS）系统控制模块在网络上以有规律的间隔广播车速信息。所有连接到网络上的控制模块都接收信息，但仅仅是那些需要使用该数据的控制模块才识别和使用这些数据（见图 6-98）。

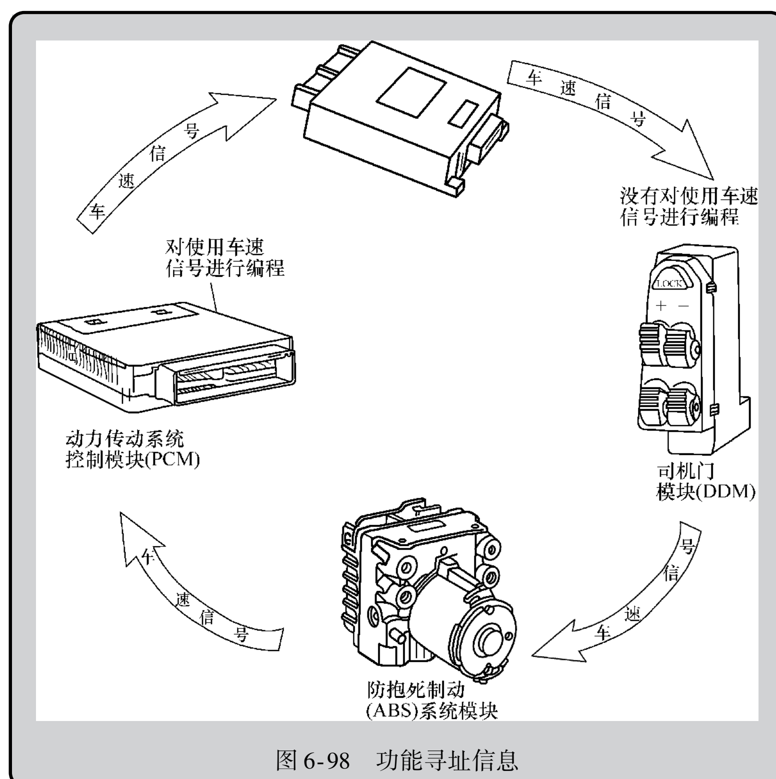


图 6-98　功能寻址信息

当读码器从控制模块中请求获得某一条专门信息时，地址会附带在信息上。只有能够识别请求信息的模块，才是物理寻址请求的模块，这被称为物理寻址信息。例如，如果诊断仪请求从防抱死制动（ABS）系统控制模块中获取车轮转速信息，该请求信息只能被防抱死（ABS）制动系统控制模块所识别，因为地址附加在该信息上（见图6-99）。

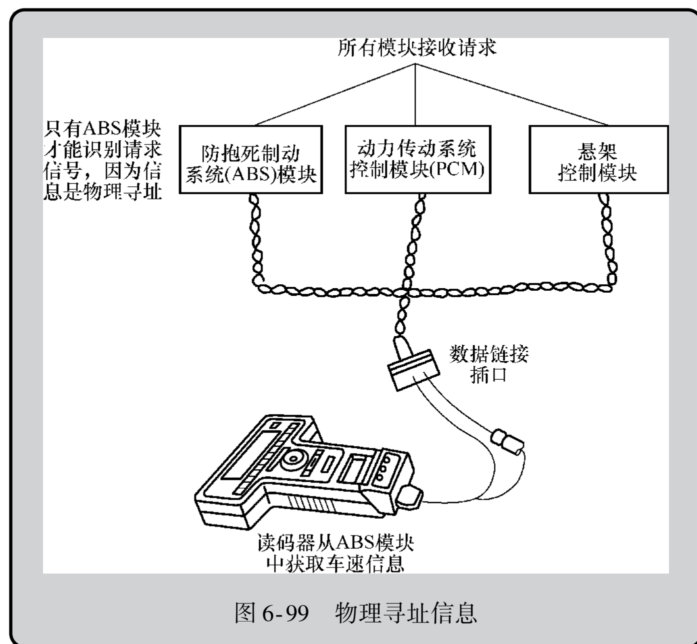


图6-99　物理寻址信息

6-174　SCP网络的常见故障现象有哪些?

SCP网络的常见故障现象有:

1）两根数据线互相短路：整个网络失效。

2）任意一根数据线与接地短路：诊断仪NGS连接后没有任何模块会响应。

3）任意一根数据线与电源短路：整个网络失效。

4）任意一根数据线断路：可以进入到诊断仪的DATA LINK DIAGNOSTIC（数据链接诊断）菜单中，并进行测试。

5）两根数据线都断路：如果靠近数据链接插口处的数据线发生断路，在读码器和网络之间无法通信。然而，在网络的一个分支上发生两根数据线都断路时，只有断路数据线后面的模块无法与读码器进行通信。

6）两根数据线都与地线短路：整个网络失效。所有的控制模块都将在故障管理模式（动力传动控制模块故障运行模式使发动机和变速器在主要功能失效状态期间继续工作）下工作。汽车可以起动或行驶，但模块只能收到与其直接连接的传感器信息。

7）内部控制模块故障：整个网络失效。

6-175　什么是 ACP?

ACP 是福特汽车采用的一种音响控制通信协议，只用在福特音响和一些气候控制系统上。这种网络通常由一个集成控制面板（ICP）或其他起控制模块作用的控制单元，以及其他与音响系统相关的各种模块组成，它们通过双绞线数据总线和第三根音响系统唤醒（ASYSON）导线连接，如图 6-100 所示。音响系统唤醒（ASYSON）导线是用于 ACP 网络的第三根导线。此导线并不属于数据总线，但是它可以向网络中的某些模块发送一个唤醒呼叫信息，如图 6-101 所示。这些模块在音响系统未使用时会关闭，以使电流最小。与 SCP 网络不同，如果 ACP 网络的数据总线断路或短路，那么网络将无法工作。

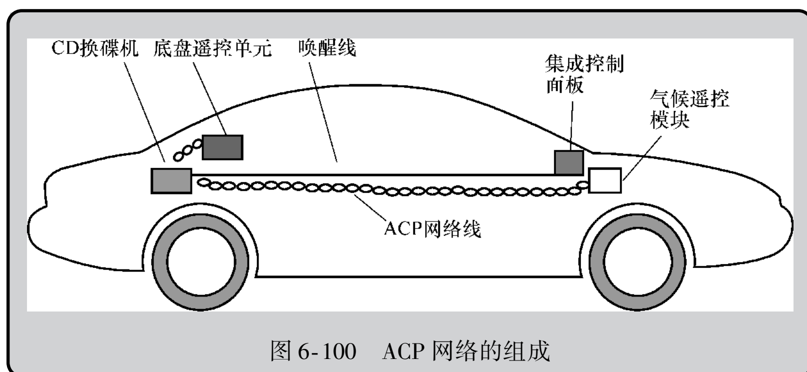


图 6-100　ACP 网络的组成

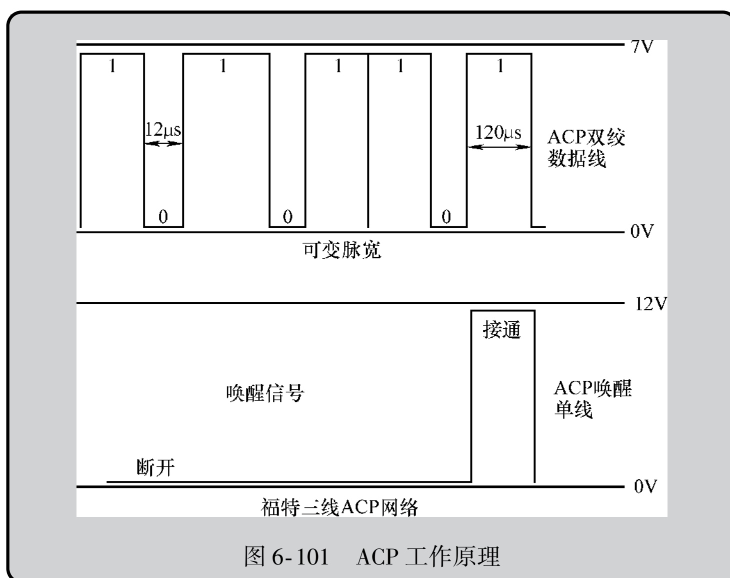


图 6-101　ACP 工作原理

6-176　ACP 网络的常见故障现象有哪些?

如图 6-102 所示，ACP 网络的常见故障现象有：

1）数据线相互短路。
2）一根数据线与搭铁短路。
3）一根数据线与电源短路。
4）一根数据线断路。
5）集成控制面板（ICP）或底盘遥控单元（RCU）电源或搭铁断路。

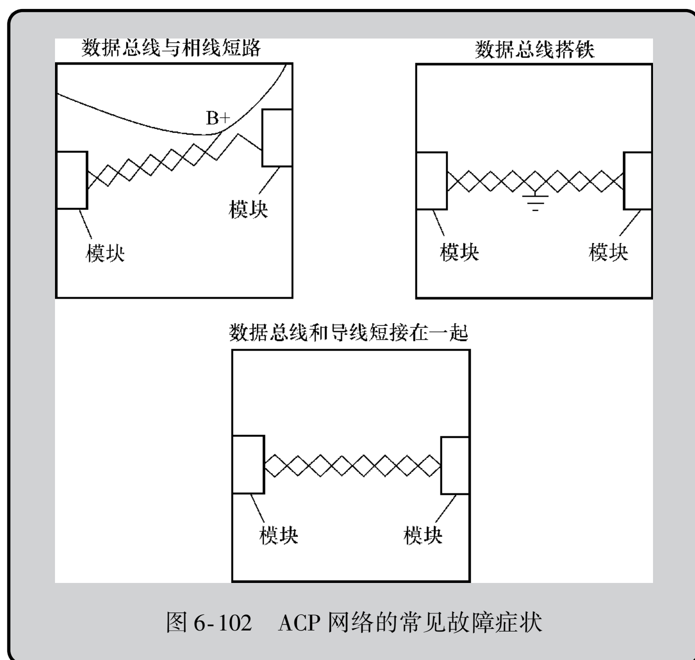


图 6-102　ACP 网络的常见故障症状

6-177　什么是 ISO 9141?

福特汽车采用的 ISO 9141 是一个诊断网络，主要用于诊断。它仅允许网络上的模块和读码器之间进行通信。只有网络被读码器启动后，才能进行这种通信。网络中有一系列模块，仅当网络与读码器连接后，模块才通过网络的单根数据总线来发送信息。在 ISO 9141 网络中没有模块之间的通信。

如图 6-103 所示，ISO 9141 网络采用单线通信，通常采用电路 70 作为数据总线。然而，某些车型上可能采用不同的电路作为数据总线。

ISO 9141 网络采用一种独特的协议进行通信。ISO 9141 协议包括电脉冲信号。如图 6-104 所示，根据信息信号的电压值，信息被转换为数字“1”或“0”。电压超过蓄电池电压 70% 的信号被控制模块编译为逻辑“1”，电压低于蓄电池电压 30% 的信号被控制模块编译为逻辑“0”。

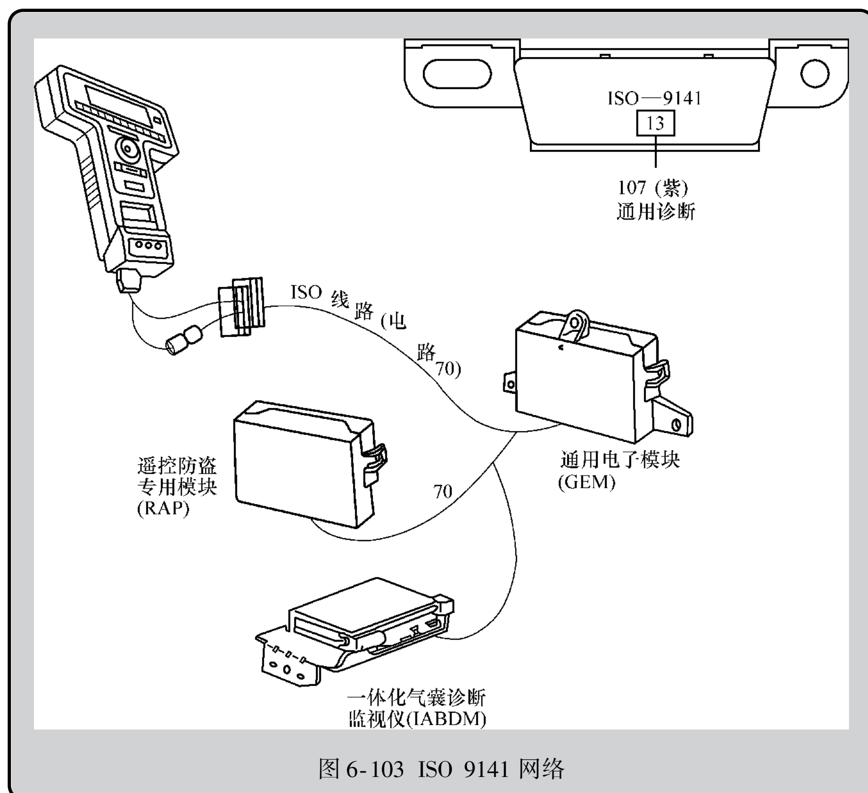


图 6-103　ISO 9141 网络

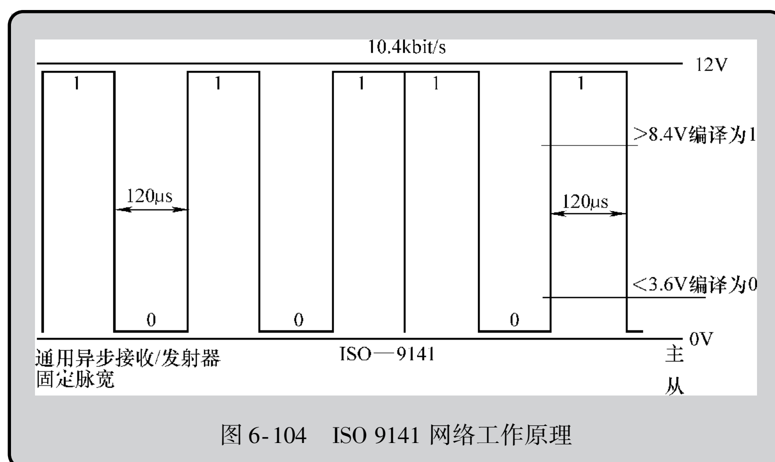


图 6-104　ISO 9141 网络工作原理

ISO 9141 具有相对较慢的协议速度。因此，在诊断过程中输入或输出（I/O）状态的瞬时变化，可能在读码器上无法看到。当对 ISO 9141 网络进行诊断时，读码器要过一段时间才显示输入或输出（I/O）状态的变化。

为了启动 ISO 9141 网络，必须将读码器与 16 芯数据连接插口（DLC）连接。一旦连接完成，读码器就能够与网络进行通信，使读码器能够实现下面的功能：访问并显示故障码；获得参数识别数据（PID）；发出启动指令；检测网络的通信。可以从一个控制模块中同时读取连续和自检故障码。通过选择参数识别数据（PID）可以查看模块的输入和输出数据，

可以同时浏览不同控制模块中的参数识别数据（PID）。控制模块的输出数据可以用读码器控制，在诊断仪的 ACTIVE COMMAND（主动命令）模式下完成。在某一时刻仅可以对一个模块实现输出控制。

6-178　什么是车载蓝牙系统?

蓝牙（Bluetooth）这个名字源于维京国王 Harald Bltand，他在 10 世纪时曾统一丹麦和挪威，这位国王爱吃蓝莓，牙齿常带着蓝色，所以他的绰号就叫蓝牙（Bluetooth）。**瑞典的爱立信公司开发了一种标准的短距离无线系统，由于这个无线系统可以将各种信息系统、数据处理系统以及移动电话系统连在一起，这正与 Harald Bltand 国王的功绩相仿，因此该系统就被称为蓝牙（Bluetooth）**。

蓝牙（Bluetooth）技术是由东芝、爱立信、IBM、英特尔、诺基亚发起成立的蓝牙技术联盟（Bluetooth Special Interest Group，Bluetooth SIG）采用了技术标准公开的策略来推广成功的，该组织成立于 1998 年 5 月。1999 年 12 月 1 日，美国的软件巨头微软公司也一改过去观望的态度，正式宣布加盟蓝牙技术联盟、并与 3Com、朗讯、摩托罗拉公司及原有的五家公司一起成为蓝牙技术联盟的九个领导成员，共同致力于在全球范围内将此项无线连接技术标准推向市场。到 2000 年 11 月，蓝牙技术联盟自成立以来，加盟支持的公司已超过 2000 余家，涉及的领域有电信、数据处理、仪器制造和汽车制造。

蓝牙技术定位在现代通信网络的最后 10m，即一定空间内各种电子设备间的无线电波的相互连接。它具有下列特点：

1）使用全世界通用的频段。蓝牙标准定义的工作频率范围为 2.402 ~ 2.480GHz，使用这个频段，无需向专门管理机构申请频率使用权。但为了避免与此频段上的其他通信系统相互干扰，蓝牙技术采用频率跳跃（frequency hopping）技术来消除干扰和降低电波衰减。

2）蓝牙模块的硬件构造。蓝牙模块的硬件设计是将所有的芯片与电阻器、电容器等组件制造在一片电路板上，成为一片独立的蓝牙模块（见图 6-105）。

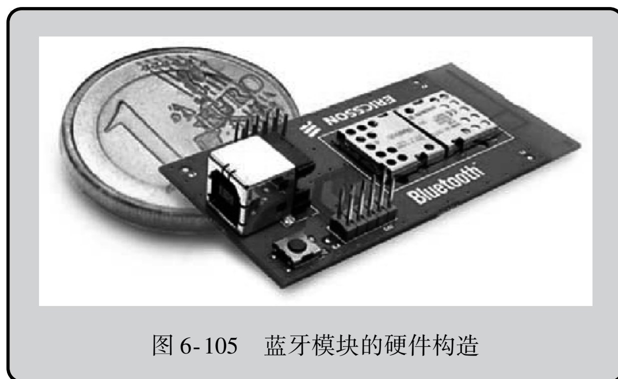


图 6-105　蓝牙模块的硬件构造

3）蓝牙模块与主机的连接。蓝牙模块的接入方式主要有两种：一种是外接；另一种是内嵌。当使用外接方式时，HCI（主机控制接口）上层的通信协议由主机负责处理，HCI 下层的通信协议则由模块内的链路管理器、基带控制器与无线收发器负责。当使用内嵌方式时，整个蓝牙技术的通信协议都由主机负责处理，不需要 HCI。

4）应用于各种电子设备，具有低功率、低成本与低辐射的特点。

5）可同时发送语音和数据。蓝牙技术定义了电路交换与包交换的特点，数据信号采用包交换技术，而语音采用电路交换技术。

车载蓝牙系统目前主要应用于汽车音响。车内无线通信已经成为大势所趋，为了安全起见，可利用蓝牙免提通信来避免接听电话时对路况观察的影响，做到双手不离开转向盘就能自由通话，蓝牙汽车音响是主要途径之一。目前蓝牙汽车音响主机集 DVD、MP3、收音机、卫星导航系统 GPS、车载蓝牙免提为一体，同时兼容 U 盘和 SD 卡等数码存储设备，能与蓝牙手机进行无缝通信，通过蓝牙免提通话系统进行接听或拨打电话，通话声音通过车厢内的内置麦克风与扬声器接收或传送，让用户通过汽车音响接听电话，并且可以在汽车音响的屏幕显示打出和接入的电话号码，极大地方便了广大车主的使用。

蓝牙模块结构小巧，可以很方便地将其安装在很小的电子装置内。其传输速率可达 1Mbit/s，可同时传送三个语音通道的信号。蓝牙发射器的有效距离为 10m，如果某些装置外加放大器的话，有效距离可达 100m。而且数据传送不需要进行复杂的设定。

如果两个蓝牙装置相遇，它们之间会自动建立起联系。这种联系建立前，须输入 PIN 来进行两装置间的适配（只需进行一次）。在此过程中会产生无线微元，从而使装置协调工作。每个无线微元最多可为 8 个蓝牙装置提供位置，而每个装置又可同时从属于多个无线微元。在每个无线微元上，所有的蓝牙设备都是对等的，以同样的方式工作，但有一个装置是主控装置。主控装置主要完成如下功能：在不同主控装置之间建立联系，与其他非主控装置进行同步设定。只有收到主控装置数据包的非主控装置才会做出应答。

在蓝牙技术的开发过程中，生产厂家非常重视对传送数据的保护，如数据的处理和防窃听。数据是用长度为 128bit 的电码来编制代码的，接收器的真实性也由一个 128bit 电码来校验，这时各装置用一个密码来彼此识别。由于蓝牙技术有效的作用距离只有 10m，因此对数据的处理操作也就只能在这个范围内进行，因此在一定程度上也可提高数据的安全性。上述的抗干扰措施还能提高保护数据流免受干扰的能力。生产厂家还可以通过使用更为复杂的编码方式、不同的安全等级以及网络协议等来提高数据的安全性。

车载蓝牙系统最早在奥迪 A8 车型上投入使用，该车电话装置的传声器和控制单元间就是通过蓝牙技术进行无线联系的，如图 6-106 所示。

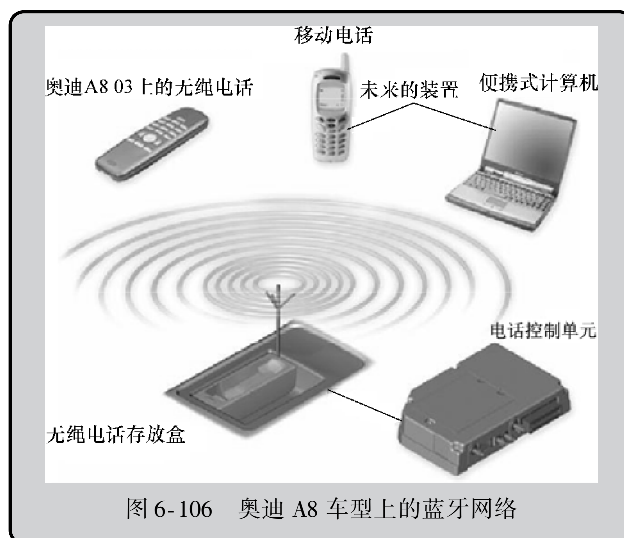


图 6-106 奥迪 A8 车型上的蓝牙网络

车载蓝牙系统在诊断时用的是主控制单元的地址码。如在奥迪 A8 上，电话控制单元 J526 就是蓝牙的主控装置。电话传声器和 J526 之间的蓝牙总线连接通过检查蓝牙天线来进行监控。如果天线接线断路，故障存储器内会记录下述故障：蓝牙天线无信号/无法通信。测量数据块中可能显示通过主控制单元相连的各个袖珍装置的数量、装置号和无线连接的场强。在蓝牙主控装置的自适应过程中，可以接通或关闭蓝牙功能。

6-179 什么是 DDB?

数字数据网络（Digital Data Bus）是针对多媒体数据通信的一种网络协议，其英文缩写为 DDB 或 D^2B，可集成数字音频、视频和其他高数据速率同步或异步信号。这种通信网络由英国 C&C Electronics 公司推动，并得到 Jaguar 和 Mercedes－Benz 公司的支持。DDB 基于一种开放式架构，仅使用一条聚合物光纤来处理车内多媒体数据和控制信息，简化了扩展，当在光纤环中增加一种新设备或功能时并不需要改变连接线缆。DDB 系统用于收音机、卫星导航、CD、音控放大器、移动电话、导航系统等之间，利用光导纤维运用光波来传送数据。

DDB 的优点有：

1）数据传输速率非常快，无被窃听及杂音之虑。

2）受电磁波及幅射影响，光导纤维质量小。

3）光导纤维直径小，不会有氧化现象。

4）没有短路现象，没有接点，因此不会有电压降现象。

图 6-107 为奔驰 DDB 数字数据网络的结构，DDB 必须要有两条供电线、两条输入与输出光纤线路（DDB）和一条唤醒信号线（Wake up）。DDB 数字数据网络同时可传送许多低频信号，而且信息不会损坏。图 6-108 为奔驰 DDB 的光纤插头，红色头为输出端，白色头为输入端。奔驰轿车通过 DDB 光纤将信息娱乐系统各部件连接起来，使用 Master AUDIO/COMAND 来控制各部件的工作，同时对数据进行分析。而 AUDIO/COMAND 也成为了与其他系统沟通的网关。

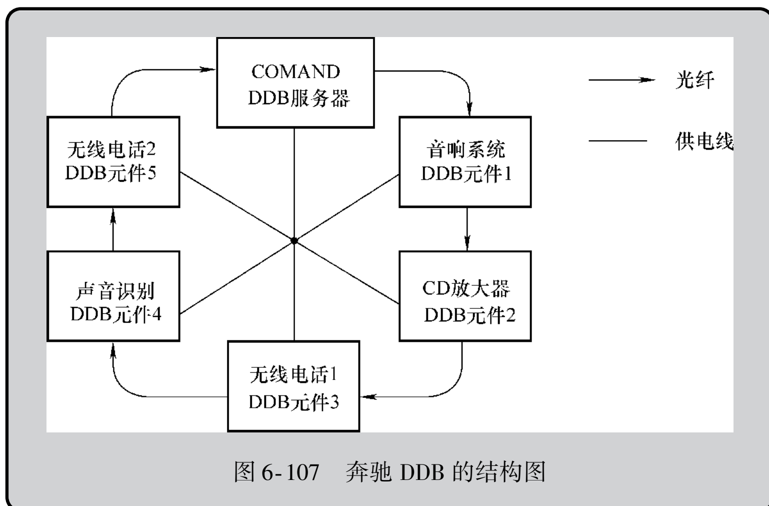


图 6-107 奔驰 DDB 的结构图



图 6-108 奔驰 DDB 的光纤插头

6-180 什么是 Byteflight?

Byteflight 系统是由 BMW 与 Motorola、Elmos、Infineon 合作开发的，主要用于传输时间上要求特别紧迫的安全气囊系统数据。Byteflight 系统的数据传输速率为 10Mbit/s，可在高数据传输速率时满足非常高的实时要求。另外，该技术满足在非常恶劣的电磁环境中（如在车辆的电磁环境中）无故障传送的要求。Byteflight 在 ISIS（智能安全集成系统）和 ASE（高级安全电子设备）中使用。这两个安全系统负责控制安全气囊、安全带拉紧装置和断开安全蓄电池接线柱。

图 6-109 为 Byteflight 的拓扑结构。从属控制单元（副控制单元）通过一根专用数据线连接在上级控制单元（主控单元）上。主控单元接收来自一个副控制单元的数据，然后它立即把数据重新输出到所有副控制单元。因为主控单元不识别任何存取规则，而只执行纯粹的分配功能，所以各个控制单元必须通过一个电码（类似于 CAN 上）相互理解。通过该电码规定，谁在何时允许发送和何时不允许发送。根据星形拓扑结构，Byteflight 即使在单个控制单元（副控制单元）失灵时仍功能良好。

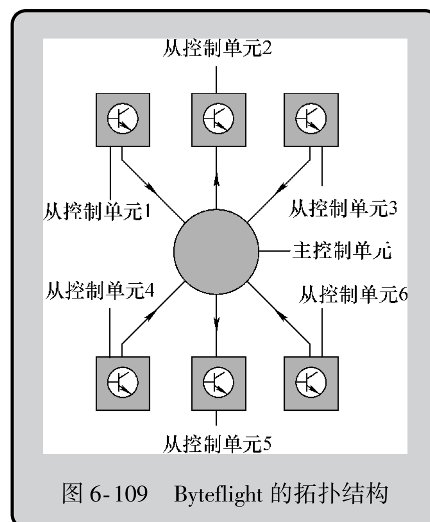


图 6-109 Byteflight 的拓扑结构

如图 6-110 所示，宝马使用 Byteflight 将安全气囊系统、乘员保护系统和安全蓄电池接线柱的控制单元联网，安全和网关模块（SGM）构成星形结构的中心。数据传输介质为一根光导纤维，可通过光波脉冲朝两个方向双向传输数据，更不易于受到外部干扰，数据传输速率为 10Mbit/s。控制单元以时间和事件触发方式进行通信，既能以同步方式传输数据，也能以异步方式传输数据。

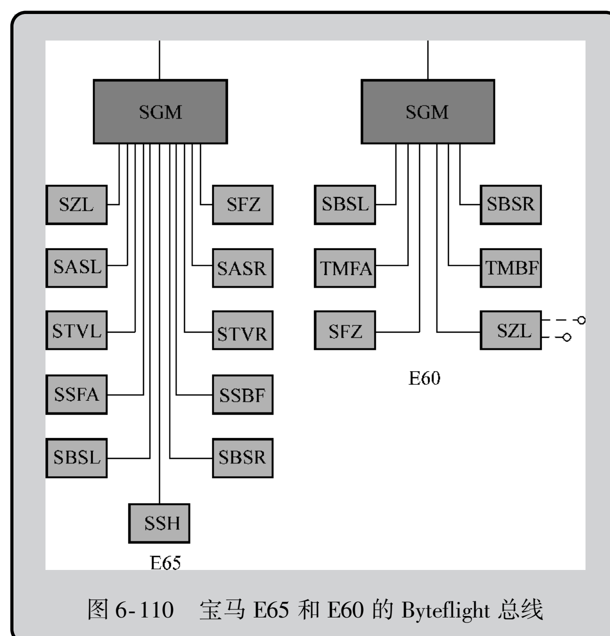
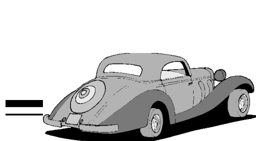


图 6-110　宝马 E65 和 E60 的 Byteflight 总线

装有 Byteflight 总线时，车辆上各个重要位置会安装多个传感器。这些传感器位于通过总线系统与 SGM 连接的卫星式控制单元中。所有传感器不断被查询，并把数据分配到所有卫星式控制单元。数据传输与在 CAN 上借助数据电码进行一样。总线主控单元（SGM）必须根据所有当前的传感器信息决定是否要把卫星式控制单元置于警告模式。通过总线主控单元设置警告模式，安全系统的所有引爆电路被置于可触发状态。

第七章





车载网络系统典型故障案例

7-181　一辆奥迪 A6L 轿车的后尾灯、顶灯不亮，电子驻车制动发出警告，驻车辅助失效，前、后右侧玻璃无法升降，如何进行故障诊断?

该车生产日期为2006年，行驶里程为6000km，出现的故障现象是：后尾灯、顶灯不亮，电子驻车制动报警，驻车辅助失效，前、后右侧玻璃无法升降。诊断步骤如下：

1）连接 VAS5052 读取故障码，舒适控制单元 J393、电动驻车和手制动器控制器 J540、泊车辅助控制器 J446 均显示无法达到，网关有 J393 无法通信故障。

2）分析可能为 CAN 总线通信出现问题，先检查各个相关控制单元的供电、搭铁。首先检查 J393 的 15 号线、31 号线均正常，检查 30 号线发现仅有 3.4V 电压，应为蓄电池电压，不正常。

3）查 ELSA 电路图（见图 7-1），发现供电是由蓄电池正极→S132 熔丝→B300（正极连接 4，在主导线束中）→ST1→J393。ST1 是右后尾箱饰板内黑色熔丝架，ST1 上的熔丝均由 B300 供电，ST1 上有舒适控制单元 J393、电动驻车和手制动器控制器 J540、泊车辅助控制器 J446、右后车门控制器 J389、前排乘客侧车门控制器 J387。

4）检查 ST1 上的所有熔丝电压，均为 3.4V。由此分析为 ST1 前方供电或连接问题。检查发现蓄电池正极到 B300 连接松动，有虚接现象，重新紧固螺钉，故障排除。

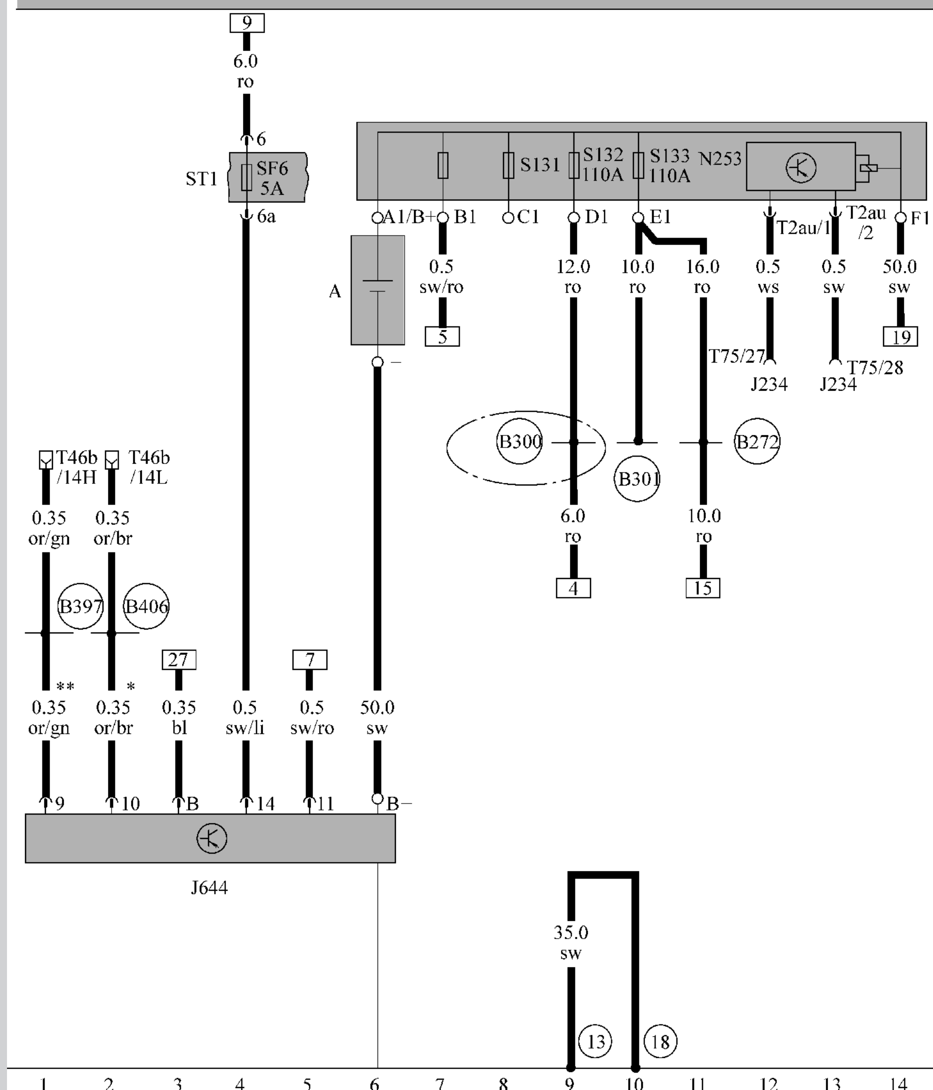


图 7-1　蓄电池、电源管理控制器、热融熔丝电路

A—蓄电池　J234—安全气囊控制器　J644—电源管理系统控制器　N253—蓄电池断路器　S131—熔断熔丝 1　S132—熔断熔丝 2　S133—熔断熔丝 3　SF6—熔丝架 F 上的熔丝 6　⑬—发动机舱内右侧接地点　⑱—发动机缸体上的接地点　B272—正极连接（30），在主导线束中　B300—正极连接 4（30），在主导线束中　B301—正极连接 5（30），在主导线束中　B397—连接 1（舒适/便捷功能高速 CAN 总线），在主导线束中　B406—连接 1（舒适/便捷功能低速 CAN 总线），在主导线束中

7-182 一辆奥迪 Q7 组合仪表黑屏，无法起动，如何进行故障诊断?

该车生产日期为 2010 年，行驶里程为 3500km，出现的故障现象是：把钥匙插入点火锁内，转向柱能解锁，但仪表灯不亮，组合仪表黑屏；起动时防盗报警，无法起动；右前车门、后盖无法打开。诊断步骤如下：

1）连接 VAS5052 诊断仪检测，由于没有 15 号线供电，所有控制单元无法进入；进入引导性故障查寻，整个驱动 CAN 系统显示故障，整个舒适 CAN 系统均无法到达。

2）根据故障现象分析可能为进入及起动许可控制器 J518 或数据总线诊断接口 J533 故障，更换后故障依旧。

3）由于故障涉及驱动 CAN 和舒适 CAN 系统，分析可能为舒适 CAN 总线网络故障，其故障信息引起驱动 CAN 系统故障。联系到车门和后盖无法打开的故障现象有可能导致驱动 CAN 防盗系统故障，重点检查车门、后盖控制器及其相关线路。

4）拆下后顶灯，发现后盖电动机线束被压在电动机下面，造成后盖控制器 J605 两根舒适 CAN 线短路（见图 7-2）。

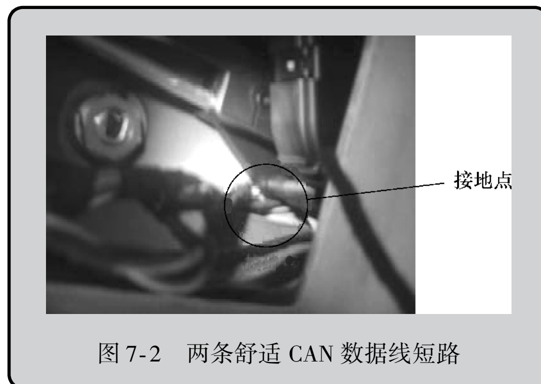


图 7-2 两条舒适 CAN 数据线短路

5）如图 7-3、图 7-4 所示，分析电路图得知，这两条舒适 CAN 线短路将造成整个舒适 CAN 系统瘫痪，进而影响驱动 CAN 系统无法收到车门、后盖等信息，导致防盗系统报警，车辆无法起动。

6）拆下后盖电动机取出短路的两条舒适 CAN 数据线，将线束包扎处理，故障消失。

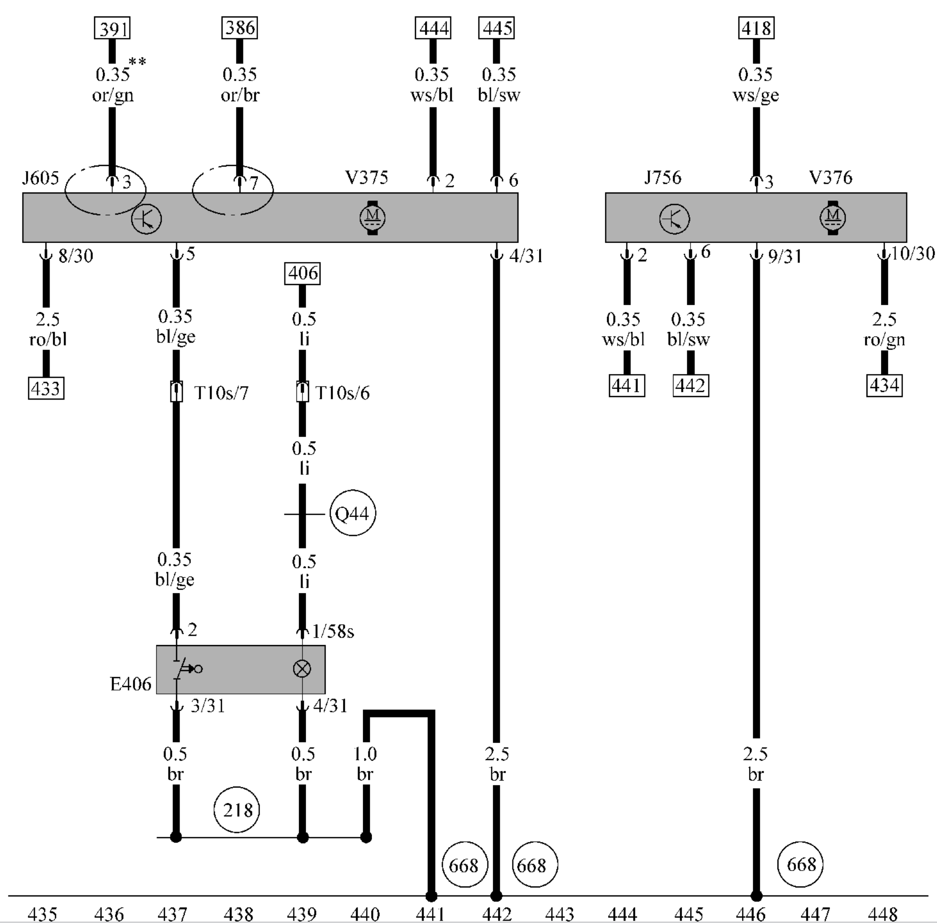


图 7-3　后盖控制器、后盖控制器中的电动机、行李箱中后盖锁闭按钮电路

E406—后盖上锁按钮，在行李箱中　J605—后盖控制器　J756—后盖控制器 2　V375—后盖控制器中的电动机
V376—后盖控制器 2 中的电动机　218—接地连接 1，在后盖导线束中　668—左侧 D 柱上的接地点 2
Q44—连接 2，在后盖导线束中　●—CAN 总线（数据导线）

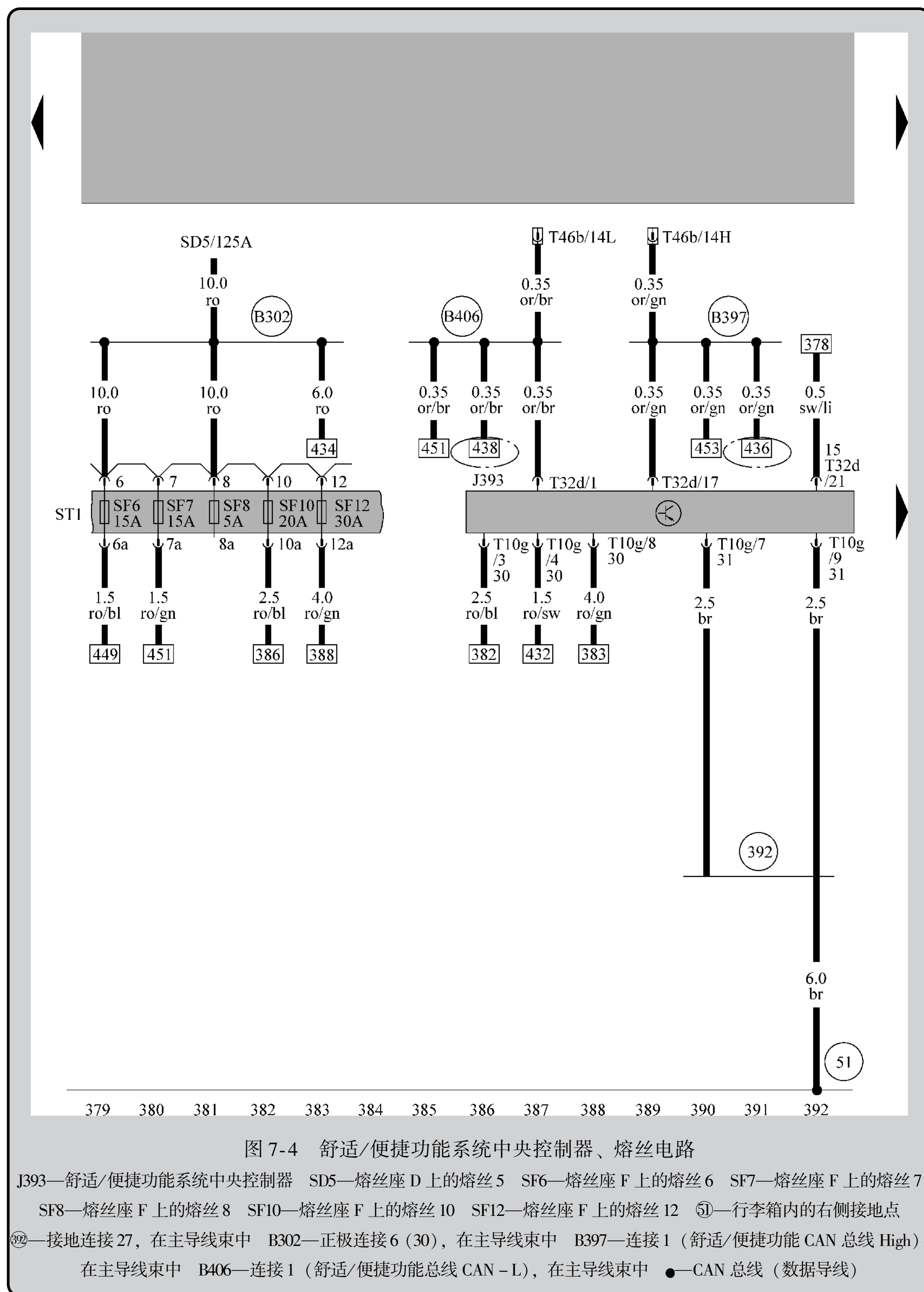


图 7-4　舒适/便捷功能系统中央控制器、熔丝电路

J393—舒适/便捷功能系统中央控制器　SD5—熔丝座 D 上的熔丝 5　SF6—熔丝座 F 上的熔丝 6　SF7—熔丝座 F 上的熔丝 7　SF8—熔丝座 F 上的熔丝 8　SF10—熔丝座 F 上的熔丝 10　SF12—熔丝座 F 上的熔丝 12　⑤①—行李箱内的右侧接地点　③⑨②—接地连接 27，在主导线束中　B302—正极连接 6（30），在主导线束中　B397—连接 1（舒适/便捷功能 CAN 总线 High），在主导线束中　B406—连接 1（舒适/便捷功能总线 CAN - L），在主导线束中　●—CAN 总线（数据导线）

7-183　一辆奥迪 A6L 无法起动，组合仪表上的故障灯不亮，如何进行故障诊断？

该车生产日期为2006年，行驶里程为3000km，出现的故障现象是：无法起动，且组合仪表上的故障灯均不亮。诊断步骤如下：

1）连接VAS5052检测，无法进入诊断，分析可能为数据总线诊断接口J533（网关）供电故障，检查其熔丝正常，搭铁情况正常。将拔下的熔丝装回后，发现可以进入诊断。

2）各控制单元诊断结果（故障码）见表7-1。

表7-1　各控制单元的诊断结果

控制单元	故障码	故障描述
01 Motronic 燃油喷射和点火装置系统 MED9	01299　P0513　008	错误的防起动锁代码（偶尔发生的）
	05634　P1602　002	电源端子30电压太低（偶尔发生的）
	49425　U0111　008	蓄电池能量管理控制单元无信息交换（偶尔发生的）
	49493　U0155　008	仪表板控制单元无信息交换（偶尔发生的）
	49508　U0164　008	空调控制单元无通信（偶尔发生的）
02 Multitronic 01J 前轮驱动	05889　P1701　000	禁用变速箱控制单元（偶尔发生的）
	49478　U0146　000	诊断接口控制单元无信息交换（偶尔发生的）
	49493　U0155　000	仪表板控制单元无信息交换（偶尔发生的）
03 ABS/ESP Bosch 8.0	00473　004	电控停车/手制动控制单元J540没有信号/不通信（偶尔发生的）
	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
	01317　004	仪表板控制单元J285没有信号/不通信（偶尔发生的）
	01826　000	转向角度信号传感器G85电源端子30（偶尔发生的）
05 驾驶识别系统	00230　010	档位位置开关P－F305断路/对正极短路（偶尔发生的）
	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
08 全自动空调	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
	01317　004	仪表板控制单元J285没有信号/不通信（偶尔发生的）
09 车辆电气系统	01317　004	仪表板控制单元J285没有信号/不通信（偶尔发生的）
16 转向盘电子控制装置	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
	01317　004	仪表板控制单元J285没有信号/不通信（偶尔发生的）
17 仪表板	01299　004	网关控制单元没有信号/不通信（偶尔发生的）
46 舒适系统中央模块	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
4F 车辆电压2	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）
53 驻车制动器	00456　004	授权进入并起动控制单元J518没有信号/不通信（偶尔发生的）
	00576　012	端子15电路电器故障（偶尔发生的）
	01299　004	数据总线诊断接口J533没有信号/不通信（偶尔发生的）

（续）

控制单元	故障码	故障描述
61 能量管理	01299 004	数据总线诊断接口 J533 没有信号/不通信（偶尔发生的）
62 车门电子控制装置，左后	01299 008	数据总线诊断接口 J533 没有信号/不通信（偶尔发生的）
72 车门电子控制装置，右后	01299 008	数据总线诊断接口 J533 没有信号/不通信（偶尔发生的）
19 数据总线诊断接口		无故障

3）从上述诊断所得故障码分析，大多为各控制单元和数据总线诊断接口 J533 没有信号或不通信故障，伴有部分控制单元互相之间无通信，但数据总线诊断接口 J533 自身无故障记录。

4）考虑到数据总线诊断接口 J533（网关）的功能是将速率不同的各条总线连在一起，实现信息共享和数据传输，从上述故障码均反映数据总线诊断接口 J533（网关）有故障的情况来看，故障点应在数据总线诊断接口 J533。

5）试更换数据总线诊断接口 J533，清除故障码，系统恢复正常。

7-184 一辆宝马 750Li（E65）发动机无法起动，如何进行故障诊断?

该车生产日期为 2008 年，行驶里程为 50000km，出现的故障现象是：在行驶过程中曾出现几次自动熄火问题，均都能勉强重新起动；最后一次熄火后，发动机无法起动。诊断步骤如下：

1）进行试车，将点火钥匙插入 CAS 插座中，按动起动按钮，组合仪表上出现“Drivingstability affected”警告信息，含义为驾驶稳定系统存在故障。踩住制动踏板，按住起动按钮，组合仪表上出现“Dynamic drive inactive”警告信息，含义为动态驾驶系统未激活。

2）将车辆推入举升机工位进行检修时，发现无论怎样拨动转向柱上的换档杆，变速器都一直锁在 P 档，且组合仪表上显示“Transmission fail safedrive mode raterly”警告信息，含义为自动变速器启动故障安全模式。在整个试车过程中，组合仪表上的发动机故障警告灯没有点亮过，分析为 DME 控制模块的工作电源没有接通。

3）连接宝马专用诊断仪进行自诊断，单击快速测试，对全车电控系统进扫描和检测，诊断仪没有识别到 DME（数字式发动机控制单元）、VTC（电子控制气门）。扫描完成后进入故障信息清单界面，多个电控系统储存有故障码，记录见表 7-2。

4）将诊断仪退回至诊断主菜单，单击快速删除，对全车电控系统进行故障码清除，完成后重新查询，CIM、EDC、SCM－SIM 电控系统中的故障码被清除，ZGM 中央网关电控系统只剩下故障码 D98F 和 CF16，发动机仍然无法起动。

5）联系前面诊断仪无法识别到 DME 发动机电控系统，分析可能为 DME 控制模块或相关电路故障。检查 DME 控制模块的供电和搭铁，其熔丝 F34、F40、F001 均正常。在发动机舱右侧的电控箱内找到 DME 控制模块，对照电路图对其电源线和地线针脚进行检测均正常。

表 7-2　多个电控系统储存的故障码

控制单元	故障码	故障描述
CIM 中央底盘电控系统	5D35	纵向霍尔效应传感器无信号（当前不存在）
ZGM（CAN/Byteflight）中央网关电控系统	D711	EHC 控制模块（电子高度控制系统）K - CAN 总线通信故障（当前不存在）
	9C90	IHKA 控制模块（集成自动取暖/空调控制）与发动机 DME 控制模块通信故障（当前存在）
	D1E1	ARS 控制模块（主动式侧翻稳定装置）来自 DME 的 CAN 总线的冷却温度信号故障（当前存在）
	D98F	CIM 控制模块（中央底盘电控系统）发动机系统控制模块信息缺失（当前存在）
	CF16	EGS 控制模块（电子变速器控制系统）发动机系统控制信息缺失（当前存在）
EDC 电子减振控制系统	5FFD	电子减振控制系统的唤醒总线故障（当前存在）
	5FFE	总线电压对负极短路（当前存在）
SCM - SIM（安全信息模块）电控系统	93FC	系统电压过低（当前不存在）

6）由于 VTC 是通过 LOCAN 子总线与 DME 控制模块进行通信连接的，LOCAN 子总线属于发动机电控系统局域网总线，VTC 控制模块只有通过 DME 控制模块才能被网关控制模块识别，进而才能被诊断仪识别到。因此 DME 控制模块的通信问题是关键点。

7）如图 7-5 所示，从车载网络系统的组成来看，DME 控制模块是 PT - CAN 总线成员，在该总线上还连接有 ARS、EDC、EGS、DSC、EMF 等控制模块，只有 DME 控制模块识别不到，这说明有两种可能性：一是汽车 DME 控制模块损坏；二是 DME 控制模块的 PT - CAN 总线连接不良。

8）断开控制模块线束插头，采用测量双线之间阻值的方法进行检查，阻值约为 60Ω，正常。打开点火开关且发动机不运行的条件下，测量双线的对地电压，CAN - L 线为 2.4V，CAN - H 线为 2.6V，正常。PT - CAN 总线连接正常。

9）由此分析可能为 DME 控制模块损坏。更换 DME（数字式发动机控制单元）后，故障消失。



图 7-5 宝马 E65 车载网络系统结构

D-BUS—诊断总线 K-CAN P—K-CAN 外围总线 K-CAN S—K-CAN 系统总线 MOST—多媒体传输系统总线 Byteflight—安全总线系统 PT-CAN—动力传动系 CAS—便捷进入及起动系统 HKL—后行李箱盖提升机构 PM—供电模块 SMBF—前乘客侧座椅模块 SMBFH—前乘客侧-后座椅模块 SMFA—驾驶人侧座椅模块 SMFAH—驾驶人侧-后座椅模块 TMBFT—前乘客侧车门模块 TMBFTH—前乘客侧-后车门模块 TMFAT—驾驶人侧车门模块 TMFATH—驾驶人侧-后车门模块 AHM—挂车模块 BZM—中央操控中心 BZMF—后中央操控中心 CIM—中央底盘模块 CD—控制显示 CON—控制器 DWA—防盗警告系统 IHKA—自动恒温空调 Kombi—组合仪表 LM—灯光模块 PDC—驻车距离警告系统 RDC—轮胎压力监控 RLS—晴雨灯光传感器 SH—停车预热装置 SHD—活动天窗 WIM—刮水器模块 ZGM—中央网关模块 AVT—天线放大器/调谐器 ASK—音频系统控制器 CDC—光盘转换匣 NAV—导航 SVS—语音输入处理系统 TEL—电话接口 LOGIC7—功率放大器 VM—视频模块 SASL—左侧 A 柱卫星式传感器 SASR—右侧 A 柱卫星式传感器 SBSL—左侧 B 柱卫星式传感器 SBSR—右侧 B 柱卫星式传感器 SFZ—车辆中央卫星式传感器 SIM—安全信息模块 SSH—后部座椅卫星式传感器 SSBF—前乘客座椅卫星式传感器 SSFA—驾驶人座椅卫星式传感器 STVL—左前车门卫星式传感器 STVR—右前车门卫星式传感器 SZL—转向柱开关中心 ARS—主动式侧翻稳定装置 DME—数字式发动机电子伺控系统 DSC—动态稳定控制系统 EDC-K—连续式电子减振控制系统 EGS—电子变速器控制系统 EMF—电动机械式驻车制动器 GRS—偏航角速率传感器

7-185 一辆奥迪 A4L 点火开关无反应，组合仪表显示转向系统故障，仪表灯不亮，钥匙拔下后转向柱不锁死，如何进行故障诊断?

该车生产日期为 2010 年，行驶里程为 23000km，出现的故障现象是：偶尔出现点火开关无反应，组合仪表显示转向系统故障，仪表灯不亮，钥匙拔下后转向柱不锁死。诊断步骤如下：

1）连接 VAS5052 进行检测，显示多个控制单元无法到达，地址码 05 驾驶识别系统中有起动端子 15 对正极短路故障码。

2）在检测过程中，有时又能起动车辆，一切正常。做引导性故障查询，故障码均变为偶发故障。

3）执行测试计划，检侧电子转向柱锁止装置控制单元J764的1号脚（见图7-6）与舒适/便捷系统的中央控制单元J393的15号脚（见图7-7）连接正常，无短路、断路现象。按测试计划指导，连接上J764与J393，把J393的15号线拔出，用万用表模式检测，VAS5052显示数据变化结果为“1”，分析可能为J764故障，

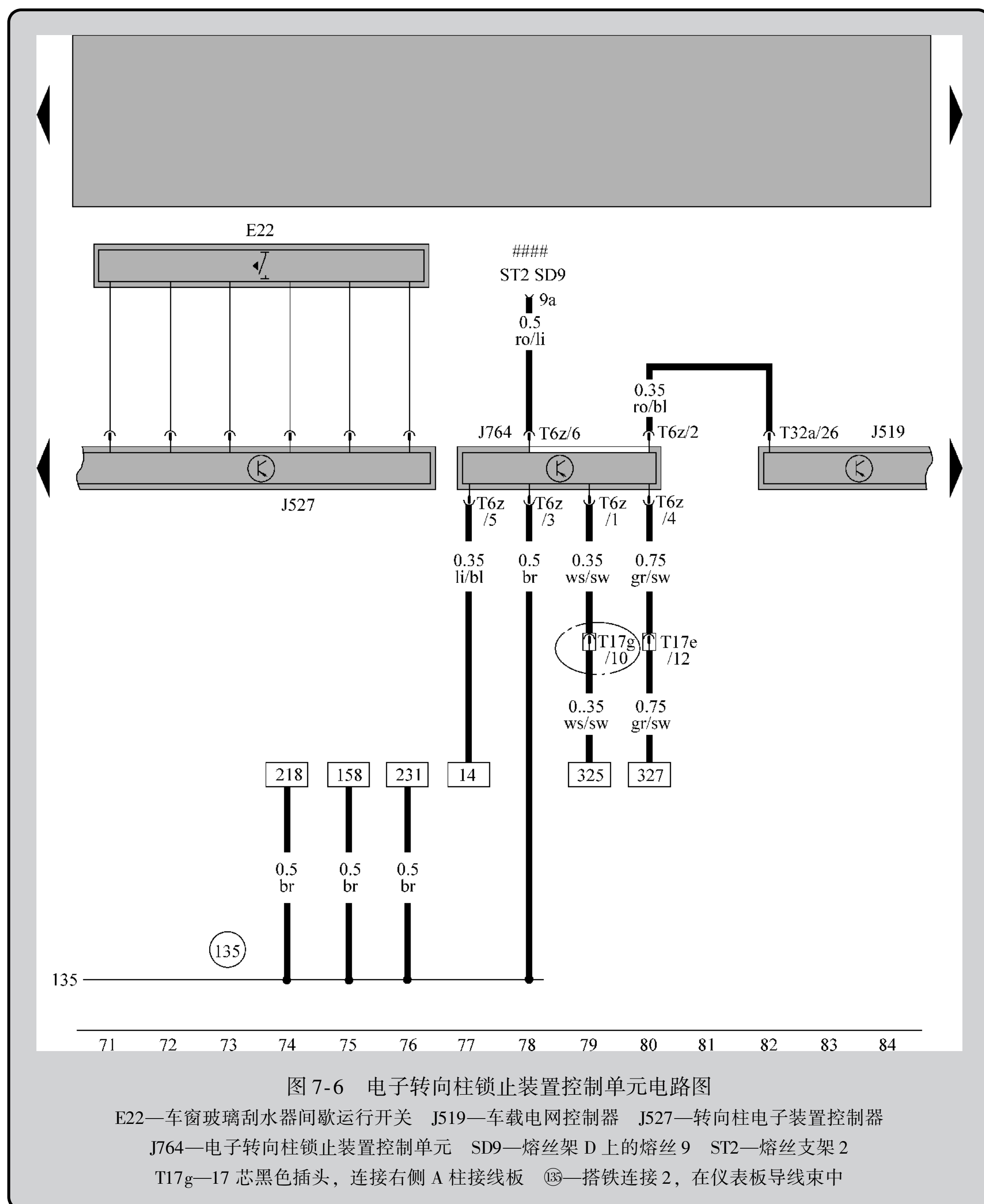


图7-6 电子转向柱锁止装置控制单元电路图

E22—车窗玻璃刮水器间歇运行开关 J519—车载电网控制器 J527—转向柱电子装置控制器
J764—电子转向柱锁止装置控制单元 SD9—熔丝架D上的熔丝9 ST2—熔丝支架2
T17g—17芯黑色插头，连接右侧A柱接线板 ⑬⑤—搭铁连接2，在仪表板导线束中

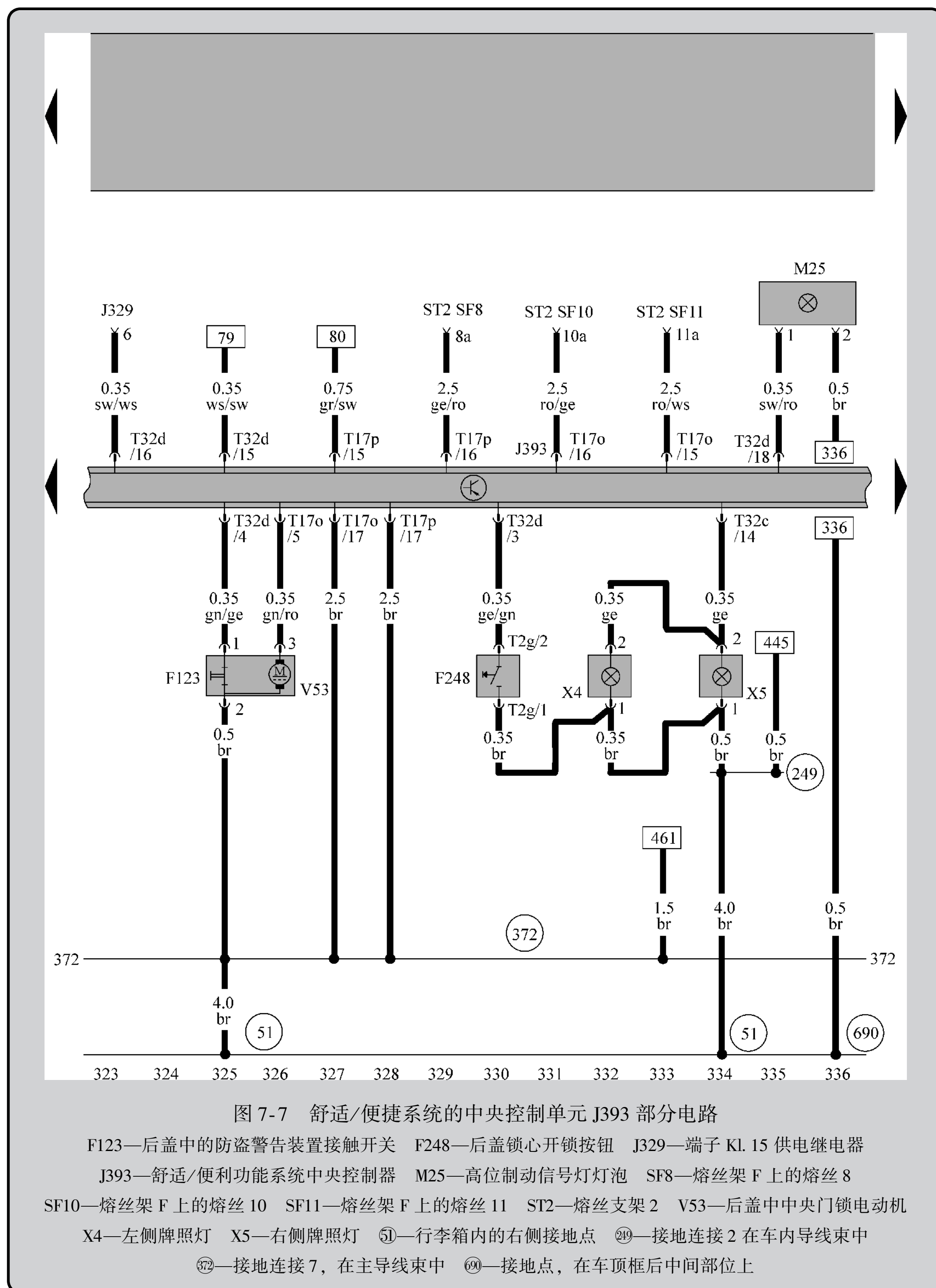


图 7-7　舒适/便捷系统的中央控制单元 J393 部分电路

F123—后盖中的防盗警告装置接触开关　F248—后盖锁心开锁按钮　J329—端子 Kl. 15 供电继电器　J393—舒适/便利功能系统中央控制器　M25—高位制动信号灯灯泡　SF8—熔丝架 F 上的熔丝 8　SF10—熔丝架 F 上的熔丝 10　SF11—熔丝架 F 上的熔丝 11　ST2—熔丝支架 2　V53—后盖中中央门锁电动机　X4—左侧牌照灯　X5—右侧牌照灯　㉛—行李箱内的右侧接地点　㉙—接地连接 2 在车内导线束中　㊲—接地连接 7，在主导线束中　㊾—接地点，在车顶框后中间部位上

4）更换 J764 试车，第二天故障重现，但此时发动机可以起动，转向系统报警，读故障码仍为：起动端子 15 对正极短路（偶发），再次检查 J393 的 T32d/15 脚与 J764 的 T6z/1

脚，故障出现时，把插头拔出，测量有电压，确认电路有对正极短路现象。

5）按电路图查找右侧A柱T17g黑色插头有进水腐蚀现象。

6）处理进水腐蚀线束后，做淋水试验未见渗水现象，故障排除。

7-186 一辆宝马745Li行驶途中组合仪表多个故障警告灯亮，如何进行故障诊断？

该车生产日期为2003年，行驶里程为100000km，出现的故障现象是：组合仪表中DSC、手制动、自动变速器警告灯均点亮，中央信息显示屏显示：“动态稳定系统、行驶系统失效，请谨慎驾驶！”起步行驶时换档冲击，明显感觉驾驶无力，且组合仪表中无档位显示。诊断步骤如下：

1）连接宝马专用诊断仪进行诊断检测，存在以下故障码：DME（发动机控制单元）、DSC（动态稳定控制系统）、EMF（驻车制动器）、VTC \ VTC2（变速器）、SMBF（乘客侧座椅模块）、SSBF（乘客侧卫星式传感器）控制单元无法识别，其中PT－CAN上的控制单元全部无法识别。

2）PT－CAN是车辆传动系控制区域网络（CAN高速网），在该车的配置上只包括DME、DSC和EMF控制单元，VTC \ VTC2通过DME和总线通信。CAN总线上通信故障可能有下列原因：CAN－L或CAN－H通信线断路或者短路；插头连接损坏（触点损坏、污垢、锈蚀）；车用电源系统中的电压故障；某个控制单元中的通信部件故障；某个控制单元的供电故障等。

3）选择PT－CAN故障内容，按照检测计划进行逐步的分析检查，首先判断为PT－CAN总线有故障，具体显示内容PT－CAN的数据传输受到干扰或控制单元损坏和接地连接有中断，要求从三个方面对PT－CAN进行检查：总线上的控制单元、终端电阻、线路（供电、导通性）。

4）按照检测计划的要求首先逐个断开PT－CAN上的控制单元，该车配置的PT－CAN控制单元并不是很多，逐个断开后进行测试，故障仍然存在，控制单元无故障。

5）检查PT－CAN的终端电阻。断开电源电压，在通信线之间对终端电阻进行测量。从DSC控制单元上将连接端子断开，找到CAN－L和CAN－H针脚测量终端电阻为60Ω左右，终端电阻正常。

6）最后检查电路，包括总线上的电压和导通情况。从DSC连接端子处测量，结果发现PT－CAN－L和PT－CAN－H对地都有8.5V左右的电压。PT－CAN规定的正常电压值：CAN－L对地电压大约为2.4V；CAN－H对地电压大约为2.6V，显然电压太高不正常，可能为短路故障。采取节点排除法，通过电路图找到PT－CAN的节点位置在前乘客侧座椅下面，联系诊断时还有SMBF（乘客侧座椅模块）、SSBF（乘客侧卫星式传感器）控制单元无法识别故障，而这两个控制单元都和前乘客侧座椅有关系。拆卸下前乘客侧座椅，掀开地毯，发现地毯下有较多水迹，而带节点的电阻连接器就浸泡在水里，检查发现已被腐蚀（见图7-8）。



图7-8 被水浸泡的电阻连接器

7）清洗后，短路故障仍然无法排除，只能更换电阻连接器，更换后测量PT－CAN的CAN－L和CAN－H对地电压正常，故障消失。

7-187　一辆奔驰 R350 空调鼓风机长转，如何进行故障诊断?

该奔驰 R350 生产日期为 2008 年，行驶里程为 50000km。故障现象为：打开点火开关未开空调时，空调前鼓风机就长转无法关闭，鼓风机转速不能调节，所有风门电动机均不能调节。故障诊断步骤如下：

1）用奔驰专用诊断仪进行系统检测，进入自动空调系统读取自动空调控制模块故障码，故障码有：

① 960A　LIN 总线故障：无法使用总线通信。

② 9401　M2/6（左侧混合空气风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

③ 9402　M2/7（右侧混合空气风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

④ 9403　M2/12（后部封闭翻板伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑤ 9404　M16/23（左侧中部出风口空气风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑥ 9406　M2/10（左侧脚部空间风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑦ 9408　M2/8（左侧除霜风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑧ 9501　M2/5（新鲜空气和空气内外循环风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑨ 9503　M2/21（后座区气体分配风门伺服电动机）：LIN 总线的通信故障。

⑩ 9606　鼓风机（前部）：LIN 总线的通信故障。

2）根据所有的故障码初步判断是 LIN 总线上出现了故障。

3）该车的自动空调控制模块 N22/7 是通过车辆所选的设置和各种传感器所测得的变量来控制各执行器动作，达到所要求的环境温度。自动空调控制模块 N22/7 通过车内控制器区域网络 CAN－C、CAN－B 与左、右车门控制模块 N69/1、N69/2，后部空调控制模块 N72/2，后部信号采集模块（SAM）N10/8，前部信号采集模块（SAM）N10，车顶控制模块 N70，点火开关（EZS）控制模块 N73，中央网关控制模块 N93，仪表板 A1，电控燃油喷射控制模块 N3/10 来沟通所有的信息。同时也通过车内控制器区域网络 CAN－C、CAN－B 发送所要求执行的动作信号。

4）如图 7-9 所示，自动空调控制模块 N22/7（主控单元）通过自动空调 LIN 网与鼓风机调节器（A32n1），露点传感器 B11/12，正温度系数暖气增强系统（PTC）R22/3，后排鼓风机调节器 N29/7，新鲜空气/空气内、外循环风门伺服电动机 M2/5，左、右混合空气风门促动器 M2/5、M2/7，左、右除霜风门伺服电动机 M2/8、M2/9，左、右脚坑风门伺服电动机 M2/10、M2/11，后切断风门伺服电动机 M2/12，后部气流分配风门伺服电动机 M2/21，左、右中央空气风门伺服电动机 M16/23、M16/24 等从控单元交流信息。自动空调控制单元能通过 LIN 总线发送执行指令和接收各元件的状态信息。

5）检测 LIN 总线上从控单元的供电，测量每个 LIN 总线的从控单元的供电正常，均为 12V 左右，接地线也正常。

6）检测 LIN 总线上的电压，正常应有 7～11V 脉动电压，但此线上没有脉动电压，分析可能为 LIN 总线短路。

7）检查 LIN 总线本身正常，推断可能为 LIN 总线上的从控单元故障，造成 LIN 总线信号短路。

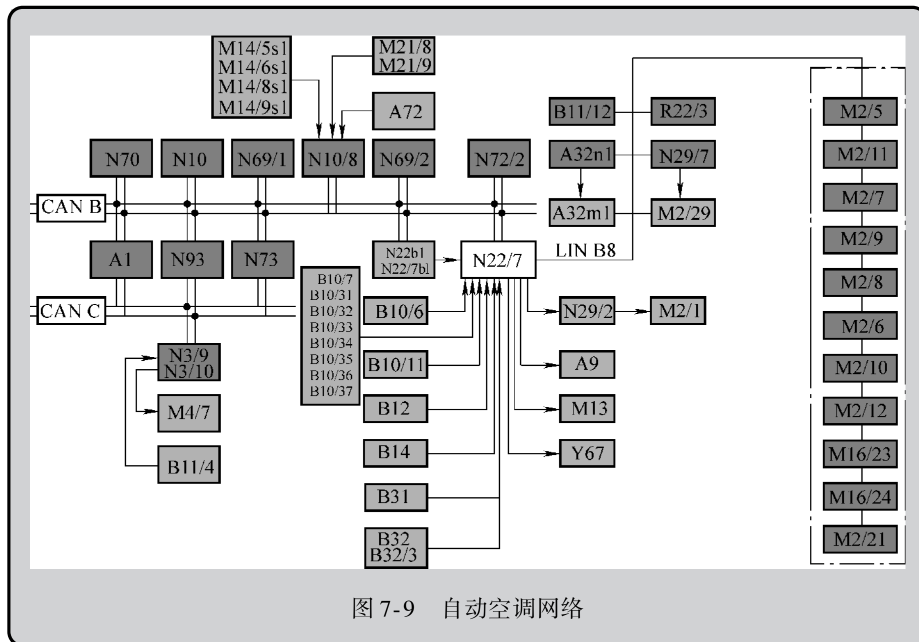


图 7-9　自动空调网络

8）逐个断开并联在 LIN 总线上的各个从控单元，看系统是否能恢复正常。拆开后饰板，拔掉后排鼓风机调节器 N29/7，前鼓风机立刻工作正常，能够正常关闭和调节风量。再读取故障码，无故障码。

9）更换后排鼓风机调节器 N29/7，故障消失。

7-188　一辆奥迪 A6L 发动机起动后冷却风扇长转，同时空调不工作，如何进行故障诊断?

该奥迪 A6L 生产日期为 2007 年，行驶里程为 5000km。故障现象为：发动机起动后冷却风扇长转，打开空调，出风口不出风，鼓风机不工作。诊断步骤如下：

1）连接 VAS5052 检测，全车各控制单元无故障码。

2）根据故障现象进行分析，如图 7-10 所示，冷却风扇控制单元 J293 受控于发动机控制单元 J263，控制冷却风扇工作；鼓风机控制器 J126、制冷剂压力传感器 G395 与空调控制器 J255 组成 LIN 网。空调控制器 J255 是主控单元，鼓风机控制器 J126、制冷剂压力传感器 G395 是从控单元。发动机控制单元 J263 在 CAN 驱动网中，空调控制器 J255 在 CAN 舒适网中，两者通过网关交换数据。由此可以看出，冷却风扇长转与鼓风机不工作存在联系。

3）鼓风机不转的原因可能是鼓风机控制单元损坏，这将导致 LIN 网上的所有数据都不能正确传输，制冷剂压力传感器的制冷剂压力信息无法经网络正确传输给发动机控制单元，发动机控制单元得不到制冷剂压力信息，就会将冷却风扇置于应急长转状态，以确保发动机不致出现温度过高的现象，确保系统的安全。

4）对空调 LIN 网进行检测，发现 LIN 总线对地短路，拔掉鼓风机控制单元 J126 后，LIN 总线信号正常，冷却风扇不再常转。分析为鼓风机控制单元 J126 故障。

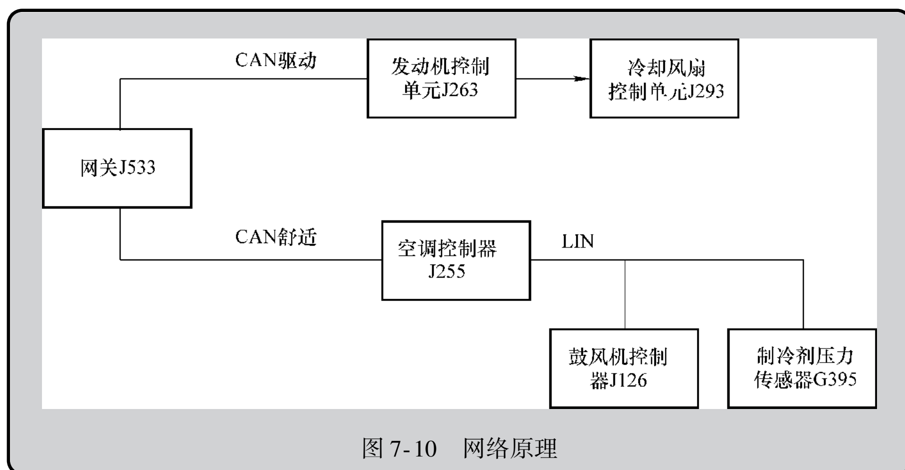


图 7-10　网络原理

5）更换鼓风机控制单元 J126，系统恢复正常。

7-189　一辆奥迪 S8 刮水器和雨刮喷水装置有时不工作，如何进行故障诊断？

该奥迪 S8 为 2012 年生产，行驶里程为 8319km。故障现象为：刮水器和雨刮喷水装置每个月有 3、4 次不工作。故障诊断步骤如下：



图 7-11　仪表显示故障内容

1）当刮水器和雨刮喷水装置不工作时，发现仪表上显示："自动行车灯损坏，自动刮水机构损坏"（见图 7-11）。用 VAS5052 检查，前部操作/显示单元有故障码：00457（车辆电压控制单元 – J519 没有信号/不通信，偶尔发生的），供电控制单元 J519 无法达到，按故障引导要求检查相关线路供电和接地，均正常。

2）当刮水器和雨刮喷水装置能工作时，用 VAS5052 检查，前部操作/显示单元有故障码：00457（车辆电压控制单元 J519 没有信号/不通信，偶尔发生的），供电控制单元 J519 有四个故障码：00908（刮水器电动机控制单元 J400 没有信号/不通信，偶尔发生的）；01520（雨水和光照传感器 G397 没有信号/不通信偶尔发生的）；01800（灯开关 E1 信号不正常，偶尔发生的）；02071（局域数据总线故障，偶尔发生）（见图 7-12）。先后替换 J519、J527、刮水器电动机控制单元 J400、雨水和光照传感器 G397，进行故障跟踪，故障依旧，读取刮水器开关等信号正常。

3）当刮水器和雨刮喷水装置不工作时，再次用 VAS5052 检查，前部操作/显示单元有故障码 00457（车辆电压控制单元 J519 没有信号/不通信，偶尔发生的），供电控制单元 J519 无法达到，按故障引导要求并结合电路图检查 J519 的供电和搭铁，正常，由于 J519 还是无法进入检测，分析为车辆电压控制单元 J519 故障。于是更换新的 J519 试车跟踪，但故障依旧。

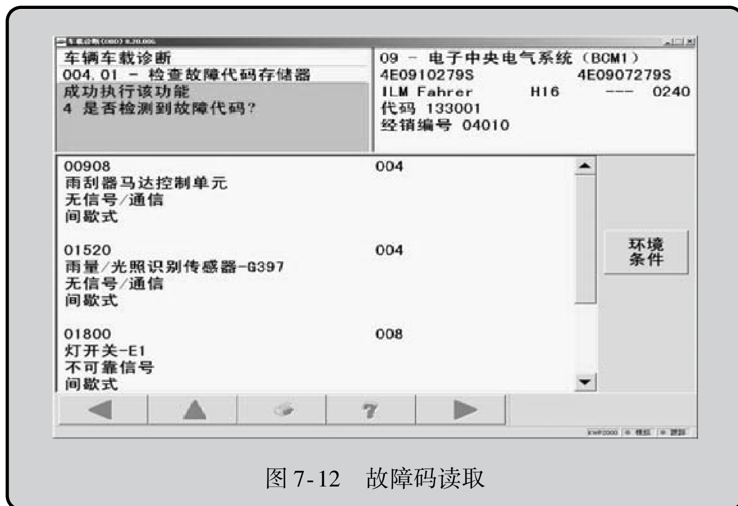


图 7-12　故障码读取

4）根据电路图分析刮水器的工作原理，发现雨水和光照传感器 G397、车辆电压控制单元 J519 和刮水器电动机控制单元 J400 三者之间是通过 LIN 总线交换信息的，把 J519 上的 LIN 线 T32a/31 拔下，J519 马上可以进入检测，由此可知，供电控制单元 J519 无法达到是由于 LIN 总线有问题引起的。

5）为了确认故障原因，把 LIN 总线上的模块 G397、J400、J519 插头全部拔下，在抖动线束的情况下检测 LIN 总线，偶尔发现 LIN 总线有对地短路的现象。由于该 LIN 线是在线束里，难以找到具体故障点，试用普通导线替代原车的 LIN 线（原车的 LIN 线断开不使用），故障排除。

7-190　一辆东风雪铁龙凯旋轿车转向前照灯功能失效，如何进行故障诊断?

该凯旋轿车为 2009 年生产，行驶里程为 5000km。故障现象为：打转向时前照灯无法转动，中央集控面板上近光指示灯闪烁，多功能显示屏上显示“前照灯自调节故障”。故障诊断步骤如下：

1）用 PROXIA 专用诊断仪进入整体测试，发现其他控制单元均无故障，只在前照灯控制单元中有故障码：前照灯方位角电动机偏心故障（右侧或者左侧），本地。

2）进行参数测量，车高传感器参数正常，且能随车身高度变化而变化。进行执行机构测试，所有操作均正常，左、右前照灯均能转向到位。由此分析可能为前照灯控制单元自身故障，更换前照灯控制单元试车，故障依旧。

3）将该车前照灯控制单元装到另一辆好车上，无故障，可以排除转向前照灯控制单元故障。

4）查看电路图（见图 7-13），前照灯控制单元与两个前照灯总成连接情况为：四条与摆动角驱动电动机连接的导线分别控制左、右、上、下四个方向的转向，三条与控制单元连接线分别为供电、搭铁、LIN 网线。左、右前照灯三条线为共用。

5）检测结果：搭铁脚正常。供电脚不起动时为 0V，起动后为 14.2V（正常）。用数字

万用表检测 LIN 总线上的电压见表 7-3。

6）分析为两个前照灯从动控制单元其中一个出故障，试更换左前照灯总成，故障消失。

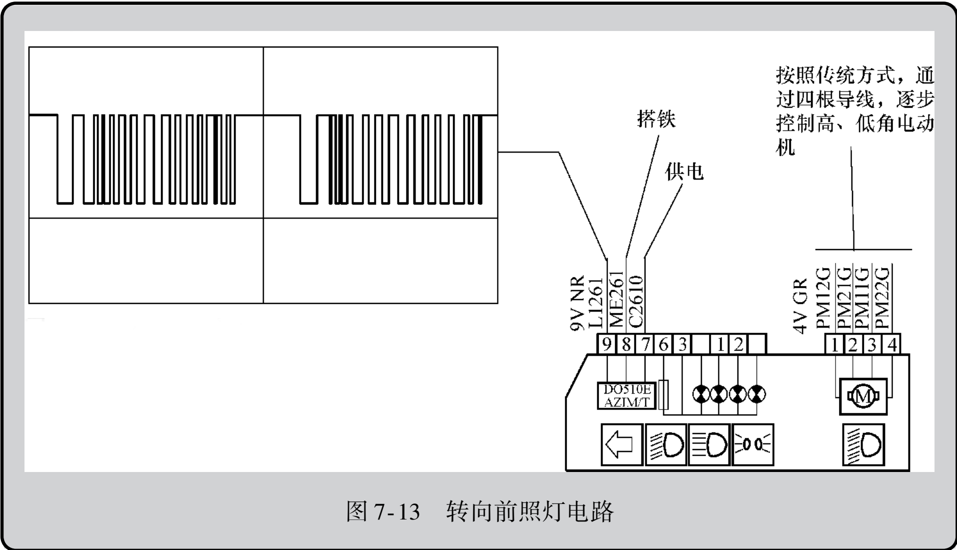


图 7-13　转向前照灯电路

表 7-3　测试 LIN 总线电压

	不打开点火开关，开前照灯/V	打开点火开关，开前照灯/V	起动发动机，开前照灯/V	起动发动机，开前照灯，行驶转向/V
正常车	0.5	7.2	≈8.8	≈8.8
故障车	0.4	7.2	≈8.8	8.8～10

7-191　一辆奥迪 A6L MMI 信息娱乐系统每次只能工作 1min，之后自动关闭，如何进行故障诊断?

该奥迪 A6L 生产日期为 2006 年，行驶里程为 39000km。其故障现象是 MMI 信息娱乐系统每次只能工作 1min，之后自动关闭。故障诊断步骤如下：

1）连接 VAS5052 检测仪诊断，发现 07（操作/显示单元）、0E（CD 转换盒）、56（收音机）、57（电视调谐器）四个控制单元无法进入。19（数据总线诊断接口）有两个故障码：光纤环路断路、J387（前排乘客侧车门控制单元）单线运行。

2）进入引导性故障查询。通过网关 19 进入，奥迪 A6L 车载网络系统有两种总线：MOST 和 CAN，MOST 为环形连接，CAN 总线为星形连接。

3）首先检测 CAN 总线，测量各控制单元的供电情况，均为蓄电池电压，正常。测量 CAN 总线星形电路，电压为 0.875V，在标准范围 0～5V 之内。

4）进行 MOST 总线电路检测。给光路施加诊断电压，仪器显示 13.7→12.5→0，说明数据总线诊断接口 J533 能发出光，即电子电路正常，问题应出在光纤或者相关控制单元上。

5）MOST 光路上的控制单元连接如图 7-14 所示。光路上的每个控制单元有两条光纤，

一路为输入，另一路为输出。在光路正常时，只要拔下光纤插头，就能看到 1 号光纤发出红色的可见光，该光是上一级的控制单元传输过来的。按顺序分别拔下 J523、R41、R36、J525、R、R78 等控制单元的光纤插头，均可看到可见光。初步判断上述控制单元和光路正常。

6）只剩下从 R78 到 J533 的光路没有检测。由于光源是从 J533 发出的，故将 J533 上的光纤 2 抽出，看看光有没有返回，结果没有看到红色的可见光，分析从 R78 到 J533 光纤有断路现象。从 VAG6223 光缆套装维修工具中取出一根长度为 10m 的光纤代替原来的光纤，信息娱乐系统所有故障均变成偶发故障，所有控制单元也能正常进入。更换从 R78 到 J533 的光纤，清除故障码，系统恢复正常。

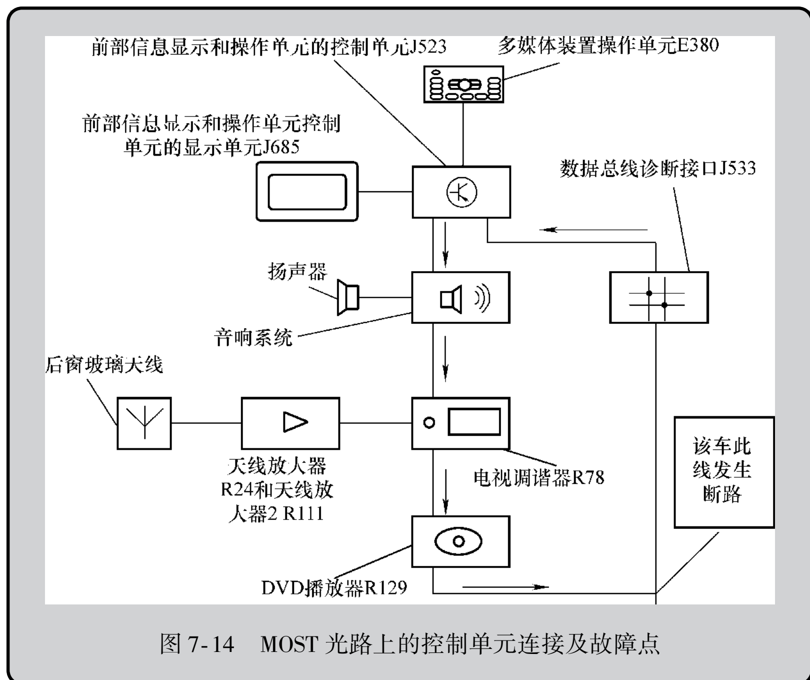


图 7-14　MOST 光路上的控制单元连接及故障点

7-192　一辆路虎揽胜音响无声音输出，如何进行故障诊断?

该路虎揽胜为新车，行驶里程仅 10000km 左右，其故障现象是 MOST 系统瘫痪，音响无声音输出，信息娱乐系统无法操作，同时音响主机上的橙色灯持续闪烁，一直都是开机界面，显示路虎 LOGO。故障诊断步骤如下：

1）路虎的 MOST　系统由前音频控制模块、放大器电源模块、后座娱乐模块、电话模块、卫星电视数字调谐控制模块、DAB 无线电接收控制模块、收音机数字调谐模块、便携音频接口、CD 播放器、触摸显示屏等模块组成。其中，由前音响控制单元担任 MOST 主控单元，它发射光信号通过光纤经过上述模块后再回到自身，完成一个环形结构的信号传输。在整个环形信号传输的结构中，如果任意一个模块出现故障，或者光纤过度折弯，供电或者接地都可能会有问题，会造成整个 MOST 系统的瘫痪，出现上述故障。

2）在没有诊断设备的情况下，通过依次拔下每个模块，观察其是否有光信号射入（见

图 7-15)，再去观察下一个模块，以确定该模块信号是否转发到下一个模块，来确定该模块的工作情况。从放大器电源模块开始，拔出放大器电源模块，打开点火钥匙，发现有光信号射出，插回去，拔下后座娱乐模块的光纤插头，发现有光射入，大致可以判断放大器电源模块是正常的。以此类推，当拔到卫星电视数字调谐控制模块的时候，该模块并没有光源射入，给该模块信号的就是电话控制模块，检查电话控制模块的光源信号，发现有光源射入。



图 7-15　光信号射入

3）为了排除电话模块到卫星式数字调谐模块之间的光纤本身故障，把电话模块的光纤插头绕过电话模块插到卫星数字调谐模块的光纤插头上，观察卫星数字调谐模块的光纤插头有光射出，故基本可以确定电话模块有问题。

4）根据电路图（见图 7-16）检查电话模块的供电以及接地，均正常。拆开开电话模块后，发现电话模块已损坏，里面已经完全腐蚀（见图 7-17）。更换该电话模块，并进行编程后，故障排除。

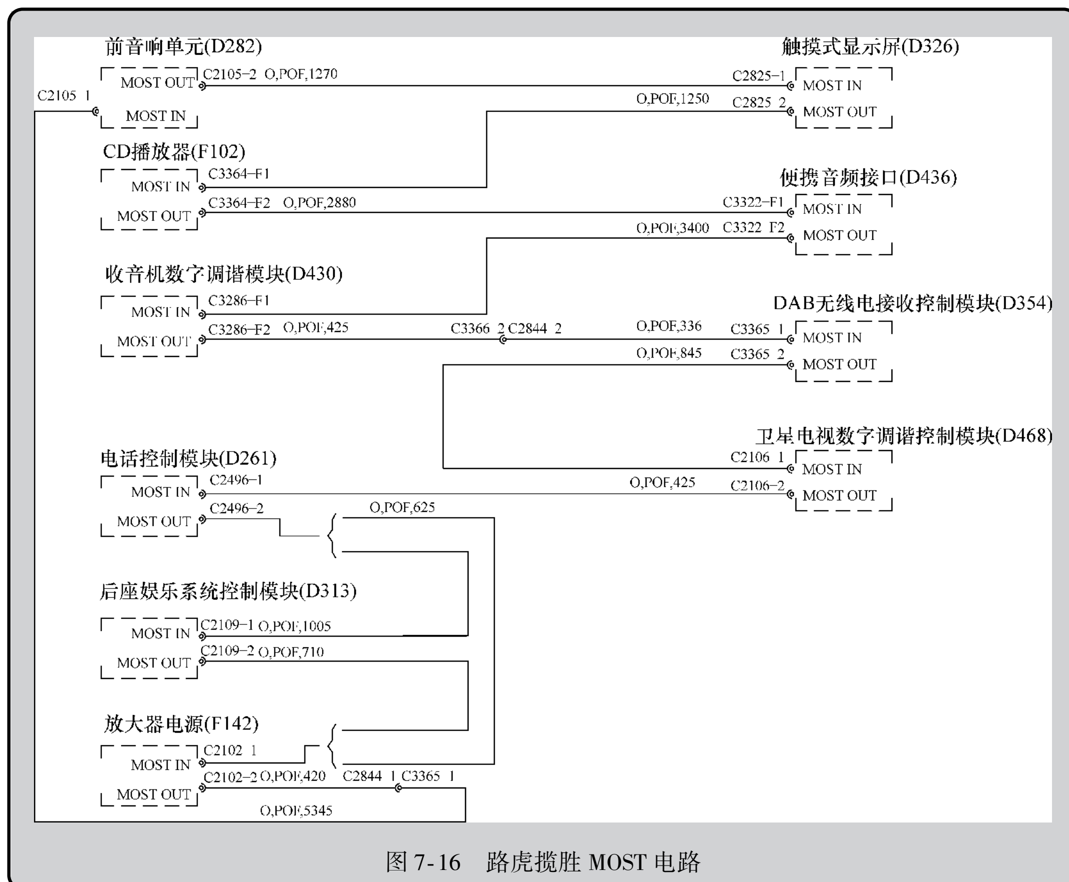


图 7-16　路虎揽胜 MOST 电路

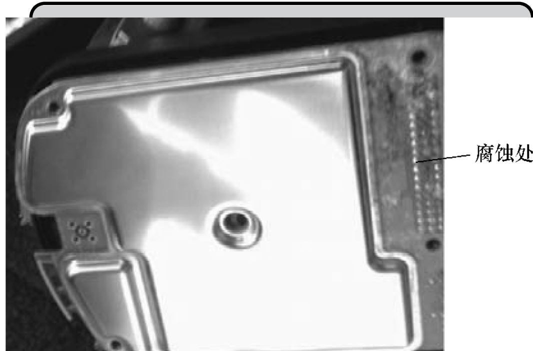


图 7-17　腐蚀的电话模块

7-193　一辆路虎揽胜 DVD 播放有画面，无声音，如何进行故障诊断?

该路虎揽胜为新车，行驶里程为 9076km。其故障现象为：DVD 视频播放正常，但无声，音响系统其他功能工作正常。故障诊断步骤如下：

1）DVD 有影像没声音，检查确认 DVD 碟片正常，且音响系统其他功能工作正常，音响设置正常。

2）连接路虎 SDD 专用诊断仪，检查 MOST 各模块网络通信正常，无相关故障码 DTC。

3）拆除右后内饰板，检查 DVD 机插头连接正常，音频小光纤输出（C2853－1）正常。检查 DVD 机到功率放大器（位于右前座椅底下）的音频输入（C3200－1）小光纤插头，发现没有线束连接，且只用一个塞子塞在小光纤接口，小光纤线被隐藏到地毯下面也做了保护（见图 7-18）。



图 7-18　小光纤未连接

4）图 7-19 为该小光纤相关电路，分析为车辆从工厂生产时未连接音频光纤线导致故障。

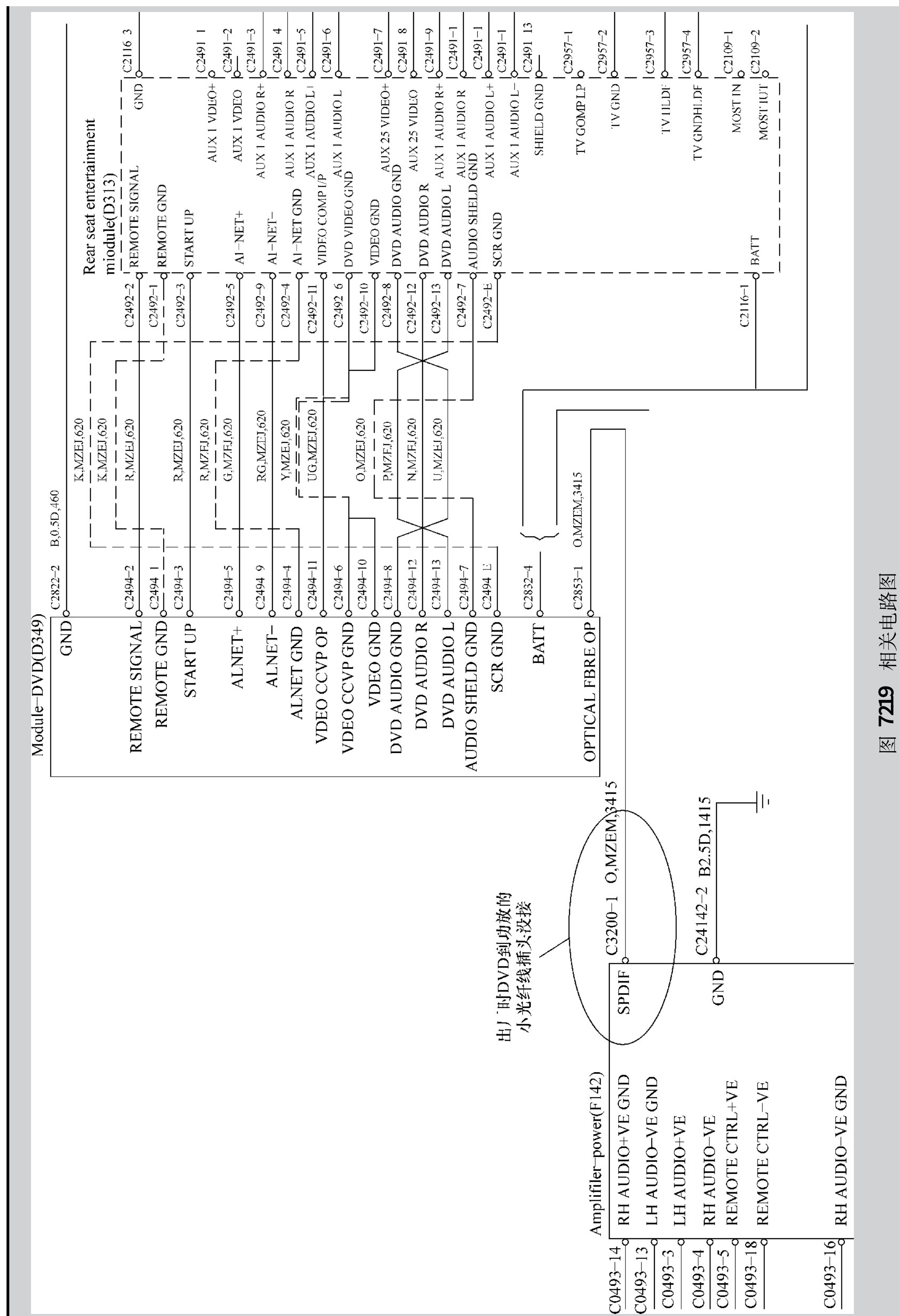

Module−DVD(D349)
Rear seat entertainment miodule(D313)
Amplifiler−power(F142)
出厂时DVD到功放的小光纤线插头没接
C3200−1 O,MZEM,3415
SPDIF
GND
C24142−2 B2.5D,1415
OPTICAL FBRE OP
BATT
GND
REMOTE SIGNAL
REMOTE GND
START UP
ALNET+
ALNET−
ALNET GND
VDEO CCVP OP
VDEO CCVP GND
VDEO GND
DVD AUDIO GND
DVD AUDIO R
DVD AUDIO L
AUDIO SHELD GND
SCR GND
RH AUDIO+VE GND
LH AUDIO−VE GND
LH AUDIO+VE
RH AUDIO−VE
REMOTE CTRL+VE
REMOTE CTRL−VE
RH AUDIO−VE GND

图 7219 相关电路图

客户未使用相关功能就导致故障到近期才被发现。

5）连接小光纤后故障排除。

7-194　一辆路虎极光音频/视频显示灰色，无法使用CD/DVD，如何进行故障诊断？

该路虎极光为2012年生产，行驶里程为1764km。其故障现象为：娱乐系统的音频/视频显示灰色，CD/DVD功能无法使用。故障诊断步骤如下：

1）使用路虎SDD专用诊断仪检测有故障码DTC：U1A24－87［媒体导向系统（MOST）环完整，无通信］。

2）图7-20为相关电路。拆除前左座椅，拔去功放光纤插头，无光信号输入，拆除集成音响模块，发现光纤有输入信号，但无输出信号。

3）用替换法更换集成音响模块，发现功放有光纤输入，分析为集成音响模块损坏导致光纤无通信。更换音响模块，故障排除。

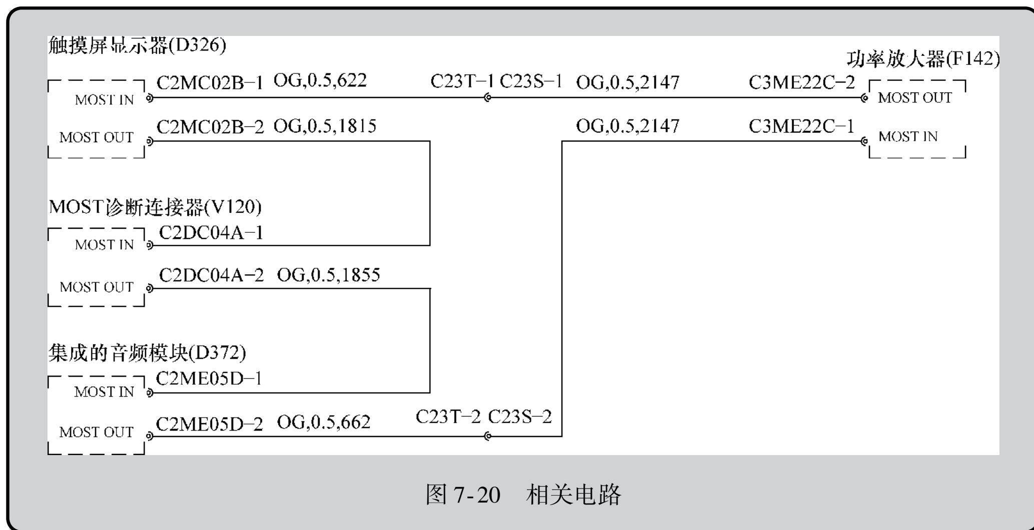


图7-20　相关电路

7-195　一辆雪铁龙萨拉毕加索1.8L轿车出现组合仪表黑屏无显示故障，如何对其VAN网进行故障诊断？

该车为2000年生产，行驶里程为30000km。其故障现象为：组合仪表黑屏无显示，且无转向灯、刮水器、空调、收放机、电动玻璃等功能，但发动机可正常起动，前照灯可正常开启。故障诊断步骤如下：

1）用PROXIA专用诊断仪进行整体测试，除发动机计算机和ABS防抱死计算机可以进入诊断，其余BSI智能控制盒、组合仪表、显示器、收放机、空调计算机均无法进入诊断。

2）萨拉毕加索的 BSI 智能控制盒、组合仪表、显示器、收放机、空调计算机等控制单元并联在 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$两条 VAN 网线上，构成多路传输系统 VAN 网（见图 7-21），而动力总成和 ABS 计算机并不在其中。从上述现象分析，该车所有 VAN 网功能均已丧失，其故障应与各 VAN 网计算机或 VAN 网连接有关。

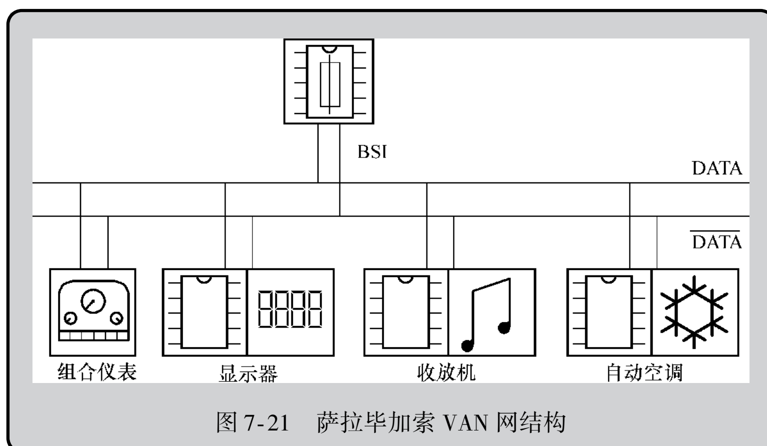


图 7-21　萨拉毕加索 VAN 网结构

3）根据组合仪表电路图（见图 7-22），首先检测 VAN 网连接，用数字万用表检测 VAN 网的供电线“VAN +”（该电源由 BSI 智能控制盒输出）的电压，发现其电压为 0V，正常应为 12V；VAN 网线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$电压均为 12V，正常应为 0 ~ 5V 变化的方波信号。断开“VAN +”供电线以及 VAN 网线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$两端插头，检查三条线均无搭铁短路和断路故障。

4）接着试用驾驶室熔丝盒上 12V 电源人为接入“VAN +”，发现空调计算机、收放机、组合仪表和显示器均开始工作，但工作不正常。同时检测 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$ VAN 网线电压为 0 ~ 8.3V 和 0 ~ 2.4V 变化的交流信号。将 VAN 网线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$所在插头 26 通道蓝色插头拔下，再检测 VAN 网线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$电压均为 0V。

5）由此可以认为，BSI 智能控制盒对 VAN 网无供电输出，而 VAN 网线 DATA 和$\overline{\text{DATA}}$上的 12V 电压不是来自外部线路，而是由 BSI 智能控制盒内部错误输出。检查蓄电池对 BSI 智能控制盒的供电为正常。

6）以上分析说明最大可能为 BSI 智能控制盒故障。更换 BSI 智能控制盒，故障排除。

CA00 防盗点火开关
BSI智能控制盒
BH28 座舱熔丝盒
组合仪表 0004
DATA
DATA
VAN+
BM34
发动机舱熔丝盒
MC36
ME32
MC32
1211
油量传感器
蓄电池连接器 0812
8800 蓄电池
M000
1620
车速传感器
ME01
MM01
6415
右侧电动后视镜(带外部温度传感器)

图 7-22　组合仪表电路

7-196　一辆雪铁龙萨拉毕加索2.0L轿车组合仪表只能较暗地显示几个警告灯，其余均为黑屏，如何对其VAN网进行故障诊断？

该车为2002年生产，行驶里程为50000km。其故障现象为：组合仪表只能较暗地显示几个警告灯，其余均为黑屏，发动机时而起动正常，时而无法起动。故障诊断步骤如下：

1）在无法起动时用PROXIA专用诊断仪进行整体测试，BSI智能控制盒无法进入诊断。

2）检测蓄电池电压为9.6V，电压不足。更换蓄电池后，发现组合仪表显示正常，但发动机仍无法起动，显示器英文显示为“防起动锁止”。

3）进入BSI智能控制盒诊断，发现无故障码，查参数，发现发动机控制单元不正常锁闭。

4）进入动力总成诊断，读出故障有：

① P防起动码记忆故障（本地，永久性故障）。检测类型为无特性显示；

② P与防起动对话故障（本地，永久性故障），检测类型为无特性显示；

③ F进气歧管压力传感器信号故障（本地临时性故障），检测类型为断路或与正极短路；

④ F车速传感器故障（本地临时性故障），检测类型为断路或与正极短路。

试删除故障，故障①、②无法删除。

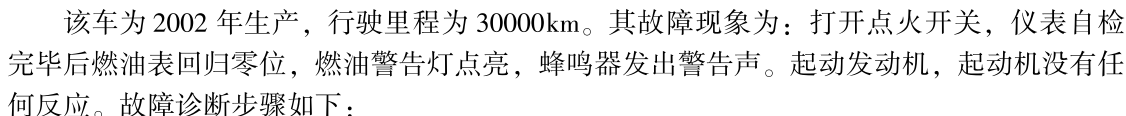
5）从上述检查结果分析，发动机无法起动的根本原因在于防盗功能启动。而萨拉毕加索的防盗系统由防盗钥匙、模拟模块应答器、BSI智能控制盒和发动机控制单元组成（见图7-23），模拟模块应答器将钥匙信息传递给BSI智能控制盒，BSI智能控制盒起着识别钥匙和传递接收解锁信息的作用，发动机控制单元根据指令解锁并传回已解锁信息。

6）从PROXIA诊断仪上BSI诊断参数看，钥匙信息已收到，说明防盗钥匙和模拟模块应答器无故障，故障在BSI智能控制盒、发动机控制单元以及连接线路，经测量各连接线路无短路或断路故障，故障应在BSI智能控制盒或发动机控制单元。拆出两个计算机仔细检查，发现BSI智能控制盒有进水腐蚀迹象。

7）更换BSI智能控制盒，故障排除。

图 7-23　防盗系统电路

7-197　一辆旧款别克君威轿车燃油警告灯点亮，无法起动，如何进行故障诊断?



该车为 2002 年生产，行驶里程为 30000km。其故障现象为：打开点火开关，仪表自检完毕后燃油表回归零位，燃油警告灯点亮，蜂鸣器发出警告声。起动发动机，起动机没有任何反应。故障诊断步骤如下：

1）该车燃油液位信号是由燃油液位传感器传送到动力系统控制单元 PCM 后，经过 Class2 总线传送给仪表的。当故障出现时，燃油表回归零位，燃油警告灯点亮，蜂鸣器发出警告声，这些现象说明燃油信号没有到达仪表，可能的原因是 Class2 总线无法与 PCM 通信，应重点检查 Class2 总线、PCM、PCM 的电源线和搭铁线等线路。

2）使用Tech2检查各控制单元，PCM内部存有故障码U1000（二级串行数据丢失）、U1016（与PCM失去对话）、U1064（与BCM失去对话），这些故障码说明Class总线无法与PCM通信的分析是正确的。

3）参考发动机控制系统电路图，拆下PCM上的线束插头，用测试灯工具检测C1插头中的20号脚，试灯点亮。打开点火开关，用测试灯工具检测C2插头中的24号脚，试灯点亮，用测试灯工具检测C1插头中的19号脚，试灯点亮。当点火钥匙处于起动位置时，用测试灯工具检测C2插头中的23号脚，试灯点亮。断开蓄电池的负极接线，用数字万用表的电阻档检查C1插头中的56号脚、57号脚、60号脚以及l6号脚与搭铁线之间的电阻，均正常。检查Class2总线的组合件SP205线束插头的B脚到PCM线束C1插头中的58号脚之间的电阻，正常，且未见插头接触不良。

4）上述检查均正常，由此分析，PCM可能出故障，于是更换PCM后试车，但故障依旧。用跨接线将组合件SP205的B脚与PCM线束插头Cl中的58号脚直接连接，试车，故障依旧，由此可排除Class2总线故障的可能性。

5）只剩下PCM的电源线和搭铁线可能有故障，或者是上述检测方法有问题或数据不正确。此时发现用于检测的测试灯工具是二极管式的，只要电压大于2V试灯就会点亮，因此无法检测供电电压不足的故障。用带负载的测试灯再次检测PCM上的线束插头C1中的19号脚，试灯不亮，这与先前的检测结果不同。检查仪表板右侧的A7-A8熔断器未熔断，拆下发动舱内熔丝盒，检查线束插头的针脚，发现C2插头中的A7脚的插孔异常扩大，分析为此处接触不良。修理线束插头后，试车故障排除。

7-198　一辆别克新君越第一次无法正常起动，如何进行故障诊断?

该车为2010年生产，行驶里程为7000km。故障现象为：第一次无法起动，按第二次起动之后就正常了，重新锁门后又会出现第一次不能起动现象。诊断步骤如下：

1）使用专用诊断仪GDS检测，有故障码DTC：B1451（02），附件电源电路对搭铁短路；U1814（02），动力系统唤醒通信电路（见图7-24）。试更换PEPS（无钥匙进入和起动系统）、BCM（车身控制模块）和RFA（遥控车门锁接收器），试车，故障依旧。

2）继续使用专用诊断仪GDS检测，发现当故障码为存在时，重新锁门，开门后第一次起动没反应，按第二次可以起动，随后一切正常（见图7-25）。由此分析，需要重新让车辆进入防盗后故障现象才能重现。此时只要将车辆蓄电池断电后，车辆功能即可恢复正常（见图7-26），同时故障码将会变成历史故障，但使用一段时间后故障又会重现，时间两天至一周不等。试车时，发现该车的无钥匙进入系统在出现故障时反应迟钝甚至失效。

3）图7-27为附件电源电路原理。当检测到对搭铁短路时，附件输出将被停用，100ms后输出再次启动。本状况发生三次，然后输出被停用，直到接收到新的附件请求。



图 7-24　使用 GDS 检测故障码 DTC



图 7-25　故障码为存在时无法起动

断开ECM插头后，DTC状态为不存在，重新连接ECM，故障现象消失。


图 7-26 将蓄电池断电后恢复正常


图 7-27 附件电源电路

4）图7-28为动力系统唤醒通信电路原理。当点火钥匙置于“ACC” “ON”或“START”位置时，车身控制模块（BCM）启动串行数据通信，唤醒发动机控制模块（ECM），以进行串行数据总线通信。

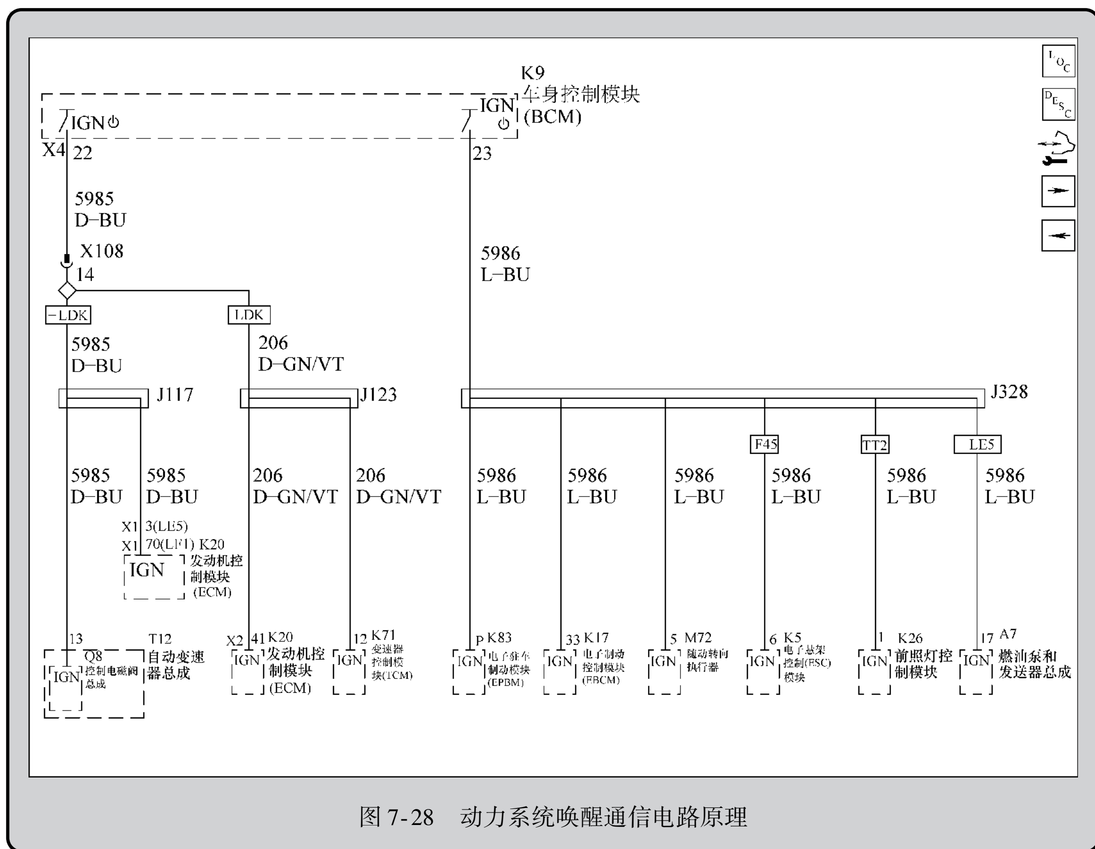


图7-28 动力系统唤醒通信电路原理

5）分析故障码与通信启用电路，判断可能是BCM的X4号接插件的22号数据通信启用线存在对地短路现象，造成ECM无法被正常唤醒起动发动机。更换新ECM进行跟踪试车，故障不再出现。

7-199 一辆奔驰S320（w220）启动COMMAND主机使用音频时有时无声，如何进行故障诊断？

该车为2000年生产，行驶里程为30000km。故障现象为：启动COMMAND主机使用音频时，有时只有RADIO正常（有声音），电话、CD以及语音控制系统均不正常（无声音）。故障诊断步骤如下：

1）此故障并不是一直存在，有时也一切正常。奔驰S320的DDB系统的光纤数据线呈环形拓扑结构（见图6-107）。由此可以分析在DDB系统中如果有光纤中断或某个控制模块损坏，都会导致在中断的线路或损坏的控制模块之后的某个控制模块无法正常地接收到数据。

2）使用STAR2000诊断仪对整个音频系统进行检测，显示故障码为N1111，即D2B主

控模块和某一个 D2B 组件之间不能进行数据传输（THE COMPONENT AT LOCATION 2 REPORTS A FAULT IN THE D2B RING）。因为当前显示的是位置 2 的模块报告故障，于是查看数据流（见图 7-29）。位置 2 的模块是 CD 转换盒。


D28组件的实际配置

编号	名称	[illegible]	[illegible]	
360	D28主控单元	收音机	收音机	
361	[illegible]11	音响系统	音响系统	
362	[illegible]	CD转换盒	CD转换盒	
363	[illegible]13	电话	电话	
364	[illegible]14	语音控制系统	语音控制系统	
365	[illegible]15	空闲	空闲	
366	[illegible]16	空闲	空闲	
367	[illegible]17	空闲	空闲	

图 7-29　查找位置 2 的模块

3）又使用 STAR2000 诊断仪尝试进入 CDC 控制模块（CD 转换盒），发现有时可以通信，但有时不行。在可以通信的时候，音频一切正常；在无法通信时，故障重现。为了对 CDC 控制模块的故障进行确定，把 CDC 控制模块上的光纤插头拔掉，然后把这个插头上的两根光纤对接（使用专用的插头），发现除了没有 CD 功能之外，DDB 系统的其他功能一切正常，所以可以断定是 CDC 控制模块损坏。

4）更换 CDC 控制模块，重新恢复光纤电路之后，一切正常。

7-200　一辆宝马 745Li （E65） 组合仪表和显示器显示自动变速器故障信息，左、右转向灯不工作，如何进行故障诊断？

该车生产日期为 2007 年，行驶里程为 3000km，出现的故障现象是：组合仪表和显示器显示自动变速器故障信息，安全气囊警告灯长亮，前挡刮水器及清洗功能失效，转向盘上的按钮功能失效，近光灯无法点亮、转向灯不工作等。诊断步骤如下：

1）从故障现象分析，上述问题集中在转向柱及转向盘上的各类按钮或开关上，分析故障可能与转向柱开关中心 SZL 模块有关。

2）连接宝马专用诊断仪进行自诊断，单击快速测试，对全车电控系统进行扫描，完成后查看故障码清单，具体如下：

① 动态稳定控制系统 DSC5.7：5EF4（转向角传感器内部故障，当前存在）。

② EDKⅢ电子减振控制系统：5FF7［转向柱开关中心 SZL 模块 CAN 信息（转向角）中断，当前存在］。

③ PM 电源模块：A158［蓄电池接线柱曾经断开（休眠电流），当前不存在］。

④ EGS 自动变速器控制系统：4F56［换档监控装置不良，当前不存在］、4F4B（档位监控 R 不可信，当前存在）、5079（串联导线超时，当前不存在）。

⑤ CAN/Byteflight 总线系统：SASL、SASR、STVL、STVR、SBSL、SBSR、SSH 等卫星传感器不能通信（当前存在）；转向柱开关中心 SZL 不能通信（当前存在）。

3）综合上述故障，分析可能为 Byteflight 总线通信不良造成。选取“转向柱开关中心 SZL 不能通信”诊断项目，进入功能测试菜单，对四个测试项目逐一进行测试，分别为安全

信息模块的供电电压、安全信息模块至转向柱开关中心的输出电压、光缆线路的发生和接收二极管、转向柱开关中心和转向盘电子控制装置之间的通信。结果为安全信息模块的 CAN/Byteflight 总线通信功能失效。

4）图 7-30 为安全信息模块 SIM 供电示意图，安全信息模块 SIM、中央网关模块 ZGM 和熔丝 F15 均在手套箱后部，检查熔丝正常，拆下 SIM 检查，无损坏迹象，插回 SIM，试车发现自动变速器故障信息消失，刮水器、灯光及转向盘上的按键功能恢复，清除故障码，发现安全气囊故障灯熄灭。

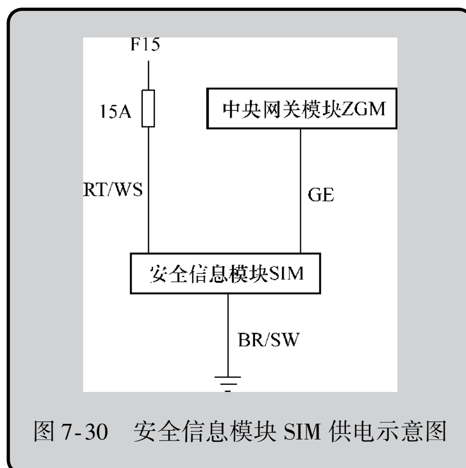


图 7-30　安全信息模块 SIM 供电示意图

5）分析故障原因，由于蓄电池曾经出现亏电导致电源系统电压过低，安全信息模块无法正常复位，从而出现上述故障。

6）将安全信息模块 SIM 断电使其复位，故障排除。

一线汽车维修工作实践



典型电工操作技能与检测方法
汽车电工常遇到的10部件维修



常见主流车型车身控制系统
典型的故障诊断与检测维修



常见电控发动机维修检修方法
电控发动机8大典型部件维修



主流车载网络系统原理介绍
典型故障案例真实讲解分析



内容新、车型多、技巧好
新车型、新配置、新技术



主流车系中控防盗实际案例
结构、原理、案例紧密结合

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版





扫一扫，
更多汽车维修精品
图书任你选

机械工业出版社微信公众号

ISBN 978-7-111-50097-1
策划编辑◎连景岩　杜凡如 / 封面设计◎张静



定价：49.80元